



**Diogo José
Fernandes da Cunha**

Sistema de detecção e envio de alarmes



**Diogo José
Fernandes da Cunha**

Sistema de detecção e envio de alarmes

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Dr. João Nuno Pimentel da Silva Matos, Professor associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, José e Mariana, e à minha irmã, Liliana, pelo incansável apoio e dedicação durante todo o meu percurso académico Universitário.

O júri

Presidente

Prof. Dr. José Rodrigues Ferreira da Rocha
Professor catedrático da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Dr. José Carlos Meireles Monteiro Metrólho
Professor adjunto da Esc. Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco

Orientador

Prof. Dr. João Nuno Pimentel da Silva Matos
Professor associado da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais pelo apoio e dedicação que tiveram ao longo do meu percurso académico, pois sem eles nada seria possível e a eles devo tudo o que já conquistei.

À minha namorada, Ana Pinto, pela enorme compreensão, apoio emocional e carinho durante todo este período.

Um agradecimento a todos os colaboradores do Instituto de Telecomunicações (IT) e do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática (DETI) que ajudaram (directa e indirectamente) na elaboração desta Tese de Mestrado. Um agradecimento especial também para o Eng. João Ginga do Instituto do Ambiente e Desenvolvimento (IDAD) pela sua ajuda nos testes dos sensores.

Uma palavra de apreço para os meus colegas e amigos durante o percurso académico que marcaram pela sua ajuda, amizade e companheirismo tendo uma palavra especial para Diogo Dias, Rui Palha, Alexandre Silva, Adriano Costa e Yann Cardoso, não esquecendo todos os outros que de uma maneira ou de outra fizeram com que todos estes anos fossem muito mais calorosos.

De uma forma especial gostaria de agradecer ao Dr. João Nuno Matos, meu orientador, pelos conhecimentos transmitidos e pelas sugestões e incentivos cruciais à realização deste trabalho.

Ao Eng. Ricardo Abreu pelas sugestões que foram importantes para o avanço no trabalho.

Palavras-chave

Mensagens de alarme, Chamadas de emergência, SMS, GSM, Sensores de CO, Sensores de Propano/LPG, monitorização de gases, auxílio, comunicações.

Resumo

Com base numa unidade GSM comercial desenvolveu-se uma aplicação destinada à detecção e envio de alarmes relativo a situações potencialmente perigosas ou de risco.

Diariamente somos confrontados com notícias do forte aumento do número de idosos, estando estes cada vez mais expostos a diversos riscos e sujeitos à solidão. Dois dos riscos, e talvez os mais comuns nesta faixa etária, são a exposição ao monóxido de carbono (CO) e a fuga de gases inflamáveis fruto de problemas em sistemas de aquecimento ambiente ou de aquecimento de águas sanitárias, entre outros.

Para minimizar as consequências dos riscos expostos, o sistema desenvolvido permite detectar a presença de gases no ambiente e mediante isso desencadear processos que permitam o alarme quer local quer por envio de SMS.

A solidão é também um factor muito comum hoje em dia, principalmente devido à deslocação para meios urbanos por parte das gerações mais novas.

Para atenuar a longa distância e a solidão destes idosos, o sistema permite contactar com um número limitado de telefones (máximo de 4) com um simples pressionar de botão.

Keywords

Alarm Message, Emergency Calls, SMS, GSM, CO sensors, Propane/LPG sensors, gas monitoring, assistance, communications.

Abstract

Based on a GSM unit, a commercial application was developed for the detection and alarms sent on potentially dangerous situations or risks.

Daily we are confronted with news of strong growth in the number of elderly, being these people increasingly exposed to various risks and they are subject to loneliness. Two of the risks, and perhaps most common in this age group is the exposure to carbon monoxide (CO) and the escape of flammable gases, result of problems in heating systems or water heating, among others.

To minimize the consequences of risk exposure, the developed system can detect the presence of gases in the atmosphere and by these enabling processes that allow triggering the alarm either locally or by sending SMS.

Loneliness is also a factor so common these days, mainly due to traveling to urban areas by the younger generations.

To reduce the long-distance and loneliness in this elderly people, the system allows contact with a limited number of phones (maximum of 4) with a simple touch of a button.

Índice

<i>Índice</i>	<i>i</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>iv</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>vi</i>
<i>Índice de Gráficos</i>	<i>vi</i>
<i>Lista de Acrónimos</i>	<i>vii</i>
<i>Capítulo I</i>	<i>1</i>
1. <i>Introdução</i>	<i>1</i>
1.1 <i>Motivação</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Objectivos</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Resumo</i>	<i>2</i>
<i>Capítulo II</i>	<i>3</i>
2. <i>Referência a dispositivos com as funcionalidades pretendidas e descrição do dispositivo escolhido</i>	<i>3</i>
2.1 <i>Módulos pesquisados</i>	<i>3</i>
2.1.1 <i>Dispositivos de envio de SMS e chamadas telefónicas com entradas e saídas incluídas</i>	<i>3</i>
2.1.2 <i>Módulos GSM/GPRS/GPS</i>	<i>5</i>
2.2 <i>Vantagens e desvantagens dos dispositivos GSM</i>	<i>7</i>
2.3 <i>Dispositivo usado</i>	<i>9</i>
2.3.1 <i>Identificação do módulo e características físicas e eléctricas</i>	<i>9</i>
2.3.2 <i>Funções</i>	<i>11</i>
2.3.3 <i>Configuração</i>	<i>11</i>
<i>Capítulo III</i>	<i>13</i>
3. <i>Desenvolvimento do Trabalho e Escolhas Realizadas</i>	<i>13</i>
3.1 <i>Abordagem e início do desenvolvimento do sistema completo</i>	<i>13</i>
3.2 <i>Funcionamento do sistema</i>	<i>15</i>
3.2.1 <i>Microcontrolador</i>	<i>15</i>
3.2.2 <i>LCD</i>	<i>15</i>
3.2.3 <i>Keypad</i>	<i>16</i>
3.2.4 <i>Sensores</i>	<i>16</i>
3.2.5 <i>Alarmes</i>	<i>16</i>
3.2.6 <i>Fonte de alimentação</i>	<i>16</i>
3.2.7 <i>Sistema completo</i>	<i>17</i>
3.3 <i>Procura e escolha do material do trabalho</i>	<i>18</i>
<i>Capítulo IV</i>	<i>21</i>
4. <i>Implementação prática</i>	<i>21</i>
4.1. <i>Primeiros ensaios e testes do SAVDM</i>	<i>21</i>
4.2. <i>Funcionamento dos sensores</i>	<i>23</i>
4.2.1. <i>Sensor de temperatura</i>	<i>23</i>

4.2.2. Sensor de Gás inflamável (MQ-2)	23
4.2.3. Sensor de Monóxido de Carbono (MQ-7)	26
4.3. Calibração dos sensores	29
4.3.1 Calibração do sensor de temperatura	29
4.3.2 Calibração do MQ-2	30
4.3.3 Calibração do MQ-7	31
4.4. Projecto de circuitos necessários ao sistema	32
4.4.1 Circuito necessário para interacção e comunicação com o μC	32
4.4.2 Circuito do teclado (keypad)	35
4.4.3 Circuito do LCD	37
4.4.4 Circuito para os sensores	38
4.5. Fonte de alimentação	45
4.6. Desenvolvimento do código do μC	52
4.7. Sistema completo em funcionamento	55
Capítulo V	59
5. Conclusões e Trabalho futuro	59
5.1. Conclusões	59
5.2. Trabalho futuro	60
Bibliografia	63
Apêndice A	65
Configuração do módulo SMS Alarm Voice & Data Messenger	65
Quick StartUp SMS	65
1. Configuração via SMS	65
1.1. System Setup	65
1.2. Alarm Setup	66
1.3. Device Information Report	66
1.4. AD Channel Setup	66
1.1.1. Configuração de uma nova password;	67
1.1.2. Relatório do estado do módulo;	67
1.1.3. Configuração do número de serie;	68
1.1.4. Número do centro de controlo e agendamento de relatórios;	68
1.1.5. Mensagem de Power Up;	69
1.1.6. Configuração do relógio do sistema;	69
1.1.7. Configuração dos números de telefone;	69
1.2.1. Configuração dos alarmes de entrada e alerta;	70
1.2.2. Configuração das mensagens SMS;	72
1.2.3. Envio de uma mensagem personalizada	73
1.2.4. Leitura do conteúdo das mensagens SMS;	74
1.2.5. Controlo das saídas (relay output);	75

1.2.6.	Configuração do tempo de actuação das saídas;.....	75
1.2.7.	Alarme de baixa tensão de entrada;.....	76
1.2.8.	Configuração da tensão de threshold;	76
1.2.9.	Activar/desactivar;	76
1.3.1.	Ver os parâmetros por defeito;.....	77
1.3.2.	Reset dos parâmetros do sistema;	77
1.3.3.	Relatório dos parâmetros do sistema;.....	77
1.4.1.	Configuração dos alarmes A/D;.....	79
1.4.2.	Configuração dos alarmes dos canais A/D;.....	80
1.4.3.	Relatório dos parâmetros do sistema (canais A/D);	80
Quick StartUp PC.....		83
2.	Configuração via PC (RS232).....	85
2.1.	Phone book	85
2.2.	Ler parâmetros internos	86
2.3.	Verificar o estado do módulo.....	89
2.4.	Configuração do Módulo.....	90
2.5.	Configuração dos Alarmes	91
2.6.	Texto da SMS	92
2.7.	Reset ao sistema.....	95
Apêndice B.....		97
Excertos de código do programa utilizado.....		97
Programa Principal		97
Configuração do PIC.....		105
Configuração e programação do LCD		110

Índice de Figuras

<i>Figura 1 – Diagrama de Blocos simples.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2 – Imagem do dispositivo Hermes TCR - 200 retirada do site da empresa.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3 – Imagem do dispositivo Hermes LC2 retirada do site da empresa</i>	<i>4</i>
<i>Figura 4 – Imagem do SMS Alarm Data Messenger retirada do site da empresa</i>	<i>4</i>
<i>Figura 5 – Imagem do módulo GM47/48 da Telkit retirada do site da empresa.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 7 – Imagem do modelo GM28/GM29 da Telkit retirada do site da empresa.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 8 – Imagem do módulo GT864 da Telit retirada do site da empresa.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 6 – Imagem do módulo GE862 - GPS da Telit retirada do site da empresa.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 9 – Esquema das ligações eléctricas de entrada e saída do módulo, retirado do datasheet.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 10 – Ligações de Entrada (à esquerda) e saída (à direita).....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 11 – Esquema geral do módulo e funções dos led's.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 12 – Diagrama de blocos do sistema desejado</i>	<i>14</i>
<i>Figura 13 – Fluxograma do Sistema.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 14 – Sensor de gases inflamáveis (MQ-2).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 15 – Sensor de monóxido de carbono (MQ-7)</i>	<i>19</i>
<i>Figura 16 – Pololu sensor carrier</i>	<i>19</i>
<i>Figura 17 – Circuito de teste ligado ao SAVDM.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 18 – Circuito de teste (botões e LEDs).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 19 – Vista por baixo do CI LM335 retirado de [10].....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 20 – Esquema eléctrico do sensor de temperatura retirado de [10]</i>	<i>23</i>
<i>Figura 21 – Ilustração da estrutura dos pinos do MQ-2 [11]</i>	<i>24</i>
<i>Figura 22 – Circuito aconselhado pelo fabricante retirado de [11]</i>	<i>24</i>
<i>Figura 23 – Gráfico da relação do valor da resistência para diferentes gases e diferentes concentrações.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 24 – Sensor à beira de uma placa de fogão doméstico</i>	<i>26</i>
<i>Figura 25 – Sensor à beira de uma placa de fogão doméstico com tampa para criar ambiente homogéneo.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 26 – Circuito aconselhado pelo fabricante</i>	<i>27</i>
<i>Figura 27 – Gráfico da relação do valor da resistência para diferentes concentrações de CO.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 28 – Circuito do sensor de temperatura com potenciómetro de calibração.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 29 – Temperatura mostrada no LCD</i>	<i>30</i>
<i>Figura 30 – Recipiente para criar ambiente homogéneo e sensor</i>	<i>31</i>
<i>Figura 31 – Sensor debaixo do recipiente</i>	<i>31</i>
<i>Figura 32 – Circuito inicial para teste do μC.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 33 – Circuito da placa do μC com ligações para interface</i>	<i>33</i>
<i>Figura 34 – Buttom layout</i>	<i>34</i>
<i>Figura 35 – Top layout.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 36 – Imagem da placa do μC</i>	<i>35</i>
<i>Figura 37 – Circuito da placa do keypad</i>	<i>35</i>
<i>Figura 38 – Layout do keypad</i>	<i>36</i>
<i>Figura 39 – Imagem do keypad montado e em funcionamento.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 41 – LCD montado e em funcionamento</i>	<i>37</i>
<i>Figura 40 – Layout da placa de circuito impresso do LCD.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 43 – Circuito do comparador de nível para o MQ-2</i>	<i>38</i>
<i>Figura 42 – Pololu sensor carrier</i>	<i>38</i>
<i>Figura 44 – Sinal de aquecimento e sinal de saída desejados do MQ-7</i>	<i>39</i>
<i>Figura 45 – Multibibrador astável com transístores</i>	<i>39</i>

<i>Figura 46 – Multibibrador astável com opamp</i>	<i>39</i>
<i>Figura 47 – Circuito do multibibrador astável com o CI 555 retirado de [25]</i>	<i>39</i>
<i>Figura 48 – Período do astável.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 49 – Circuito do multibibrador astável com o CI 555 para $T_m < T_s$ retirado de [25].....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 50 – Circuito adicionado ao esquema inicial do MQ-7.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 51 – Circuito do comparador de nível para o MQ-7</i>	<i>43</i>
<i>Figura 52 – Circuito completo dos sensores.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 53 – Layouts da placa de circuito impresso dos sensores</i>	<i>44</i>
<i>Figura 54 – Placa de sensores montada e em funcionamento.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 55 – Circuito simples da fonte de alimentação pensada.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 56 – Circuito que permite duas tensões sem ser necessária a passagem pelos dois reguladores. A linha a tracejado é fictícia, apenas serve para mostrar a junção das duas massas</i>	<i>47</i>
<i>Figura 57 – Circuito da simulação da fonte de alimentação.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 58 – Circuito da Placa de circuito impresso da fonte de alimentação</i>	<i>50</i>
<i>Figura 59 – Desenho da placa de circuito impresso da fonte de alimentação</i>	<i>51</i>
<i>Figura 60 – Imagem da fonte de alimentação montada e em funcionamento</i>	<i>51</i>
<i>Figura 61 – Estrutura do código desenvolvido para o μC.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 62 – Circuito montado em placa branca.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 64 – Montagem do sistema completo</i>	<i>56</i>
<i>Figura 63 – Placa branca com circuito dos sensores.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 65 – Possível aparência do sistema diminuído (1)</i>	<i>60</i>
<i>Figura 66 – Possível aparência do sistema diminuído (2)</i>	<i>61</i>
<i>Figura 67 – Quick StartUp PC 1</i>	<i>83</i>
<i>Figura 68 – Quick StartUp PC 2</i>	<i>84</i>
<i>Figura 69 – Configuração do Phone Book</i>	<i>86</i>
<i>Figura 70 – Parâmetros #1.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 71 – Parâmetros #2.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 72 – Parâmetros #3.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 73 – Status.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 74 – Device Setup.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 75 – Alarm Setup.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 76 – Configuração SMS.....</i>	<i>93</i>
<i>Figura 77 – Ler SMS Guardada</i>	<i>94</i>
<i>Figura 78 – Mensagem de teste</i>	<i>94</i>
<i>Figura 79 – Reset ao Sistema.....</i>	<i>95</i>

Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Comparação de módulos.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabela 2 – Dados obtidos para o sensor de CO</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 3 – Matriz das linhas do keypad.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 4 – Códigos de Agendamento.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 5 – Botões disponíveis</i>	<i>87</i>

Índice de Gráficos

<i>Gráfico 1 – Gráfico da relação entre a tensão V_{RL} e a resistência do sensor R_S.....</i>	<i>25</i>
<i>Gráfico 2 – Evolução do sinal de saída do sensor MQ-7</i>	<i>27</i>
<i>Gráfico 3 – Gráfico da relação entre a tensão V_{RL} e a resistência do sensor R_S.....</i>	<i>28</i>
<i>Gráfico 4 – Relação entre a concentração de CO e a tensão de saída do sensor</i>	<i>32</i>
<i>Gráfico 5 – Sinal de saída do CI 555 com as resistências escolhidas</i>	<i>41</i>
<i>Gráfico 6 – Gráfico da tensão em IN_5 (a vermelho com triângulos) e IN_12 (a azul) sem massas ligadas</i>	<i>47</i>
<i>Gráfico 7 – Tensão à entrada dos reguladores com a mesma massa</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 8 – Gráfico da saída das tensões da fonte de alimentação com máxima corrente.....</i>	<i>49</i>
<i>Gráfico 9 – Gráfico da saída das tensões da fonte de alimentação com a corrente esperada</i>	<i>50</i>

Lista de Acrónimos

<i>SMS</i>	<i>Short Message Service</i>
<i>GSM</i>	<i>Global System for Mobile Communications, ou originalmente, Groupe Special Mobile</i>
<i>CO</i>	<i>Monóxido de Carbono</i>
<i>LPG</i>	<i>Liquefied Petroleum Gas</i>
<i>GPL</i>	<i>Gás de Petróleo Liquefeito</i>
<i>DC</i>	<i>Direct Current ou Corrente Contínua (CC)</i>
<i>AC</i>	<i>Alternating Current ou Corrente Alterna (CA)</i>
<i>MCU</i>	<i>Micro Controller Unit é um computador-num-chip, contendo um processador, memória e periféricos de entrada/saída.</i>
<i>Cartão SIM</i>	<i>Circuito impresso do tipo smart card utilizado para identificar, controlar e armazenar dados de telefones celulares de tecnologia GSM</i>
<i>V</i>	<i>volt, unidade de tensão eléctrica</i>
<i>A</i>	<i>ampere, unidade de corrente eléctrica</i>
Ω	<i>ohm, unidade de medida da resistência eléctrica</i>
<i>GPRS</i>	<i>General Packet Radio Service, ou em português, Serviço de Rádio de Pacote Geral é uma tecnologia que aumenta as taxas de transferência de dados nas redes GSM existente.</i>
<i>M2M</i>	<i>Machine-to-Machine</i>
<i>mm</i>	<i>milímetros</i>
<i>HSCSD</i>	<i>High-speed circuit-switched data é uma especificação para transferir dados sobre redes GSM</i>
<i>CSD</i>	<i>Circuit Switched Data é a forma original de transmissão de dados desenvolvido com base em time division multiple access (TDMA) baseado na rede GSM</i>
<i>MHz</i>	<i>megahertz</i>
<i>USB</i>	<i>Universal Serial Bus</i>
<i>SAVDM</i>	<i>SMS Alarm Voice & Data Messenger</i>
μC	<i>Microcontrolador</i>
<i>LCD</i>	<i>Liquid Crystal Display</i>
<i>PIC16F877</i>	<i>O PIC 16F877 é um microcontrolador da família de 8 bits fabricado pela Microchip Technology</i>
<i>CI</i>	<i>Circuito Integrado</i>
<i>LED</i>	<i>Light Emitting Diode</i>
$^{\circ}C$	<i>Graus célsius ou também conhecido por centígrados</i>
<i>K</i>	<i>Graus kelvin</i>
<i>ppm</i>	<i>Partes por milhão</i>

<i>opamp</i>	<i>Operational amplifier ou amplificador operacional</i>
<i>RMS</i>	<i>Root Mean Square</i>
<i>PC</i>	<i>Personal computer</i>
<i>USART</i>	<i>Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, em português Transmissor/Receptor Universal Síncrono e Assíncrono. É um formato padrão para comunicação de dados de forma serial</i>
<i>ADC</i>	<i>Analog to Digital Converter ou Conversor Analógico-Digital</i>
<i>SMD</i>	<i>Surface-mounted device</i>

Capítulo I

1. Introdução

1.1 Motivação

A evolução das comunicações sem fio (wireless) tem permitido um aumento significativo de aplicações nas mais diversas áreas, usando este suporte tecnológico. Os dispositivos usados, diariamente, estão cada vez mais funcionais potenciando um contacto permanente com situações do nosso interesse.

Nesta mesma era tecnológica (e em países ocidentais) há ainda um grande sector da população sem conseguir recolher benefícios das facilidades de comunicações disponíveis. Por exemplo, uma situação, infelizmente, cada vez mais frequente, é o falecimento de idosos, seja por doença seja por acidente, em suas casas sem o conhecimento dos familiares ou da sociedade [1]. Nos acidentes caseiros destaca-se a inalação de monóxido de carbono (CO) [2] que, sendo um gás inodoro, incolor e insípido, é extremamente tóxico. O risco de provocar danos graves ou mesmo a morte aumenta com o tempo de exposição a este composto, pelo que a detecção atempada da sua presença em concentrações perigosas pode contribuir para evitar acidentes com uma ou várias vítimas. Para além desta situação descrita, existe um número crescente de idosos a viverem isolados que beneficiariam dum dispositivo simples para poderem comunicar seja com familiares seja com alguma instituição de apoio.

Para estas pessoas, o ideal seria a existência dum único dispositivo (de instalação simples e universal) que simultaneamente detecte situações perigosas, actue e envie alarmes. Se com o mesmo dispositivo for possível contactar com um ou mais telefones, mas por simples pressão de uma tecla, tanto melhor.

Com um envelhecimento progressivo da população mundial um dispositivo deste tipo pode contribuir para minimizar o risco associado a situações perigosas e garantir um contacto mínimo com o “mundo envolvente”.

Para além desta aplicação outras existem (tanto para profissionais em situações de risco, como para indústria autónoma) onde é necessária a monitorização de situações perigosas, como a existência de monóxido de carbono.

O trabalho pretende ir ao encontro desta necessidade da sociedade que parece ainda estar algo por desenvolver e que pode despertar no futuro um interesse na área do ambiente, em termos de controlo ou monitorização em locais de difícil acesso.

1.2 Objectivos

Esta dissertação visa o estudo e desenvolvimento de um detector de gases perigosos como gases combustíveis (butano, propano e LPG) e gases venenosos (CO), associado a um módulo de comunicação que permita reportar alarmes mediante o gás detectado. Associado a este módulo pretende-se também juntar a funcionalidade de ser possível a comunicação com o mundo envolvente não sendo necessário introduzir, ou digitar, qualquer número de telefone.

Como a gestão do módulo só pode ser feita através de computador ou de SMS (telemóvel), é objectivo fazer um interface rápido para activação e desactivação no local sem a necessidade da utilização de um computador ou telemóvel.

1.3 Resumo

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos e dois apêndices, começando por abordar o módulo de detecção e envio de alarme, descrevendo todas as suas funções, passando depois pelo trabalho desenvolvido em torno deste concluindo com a descrição do produto final.

No primeiro capítulo, de introdução, apresenta-se a motivação e objectivos deste trabalho.

No segundo capítulo apresenta-se um breve estudo de dispositivos que podem ser usados no trabalho. Mediante a escolha será feita uma apresentação do dispositivo, enunciando as suas funções e configurações.

No terceiro capítulo é feita uma abordagem mais teórica e aprofundada do que se pretende implementar com a descrição completa do funcionamento, assim como a descrição do material utilizado.

No quarto capítulo apresenta-se todo o trabalho realizado, desde desenho de hardware, montagem, principais desafios, calibração de sensores, testes realizados, entre outros.

No quinto capítulo são apresentadas breves conclusões do trabalho desenvolvido, aspectos importantes e relevantes que foram surgindo durante o trabalho e possível desenvolvimento futuro.

O apêndice A tem uma descrição completa da configuração do módulo, tanto via SMS como via PC.

O apêndice B tem grande parte do código usado na programação do μC .

Capítulo II

2. Referência a dispositivos com as funcionalidades pretendidas e descrição do dispositivo escolhido

Neste capítulo serão apresentados alguns módulos que permitiam a realização do trabalho. Foi feito um estudo de maneira a verificar qual o mais viável para a situação. Serão apresentadas também as características assim como as funcionalidades do dispositivo escolhido.

Pretende-se criar um sistema como mostra o diagrama de blocos da Figura 1 sendo o bloco A o dispositivo necessário e estudado neste capítulo.



Figura 1 – Diagrama de Blocos simples

Nos pontos seguintes poder-se-á ver alguns dos dispositivos estudados, algumas vantagens e desvantagens e no final a descrição do dispositivo usado.

2.1 Módulos pesquisados

Com vista a obter um dispositivo que seja útil ao trabalho, foram pesquisados alguns dispositivos que tenham entradas digitais, enviem SMS e efectue chamadas telefónicas, assim como, módulos GSM/GPRS com possibilidade de GPS integrado.

Para uma mais fácil leitura neste capítulo e nos próximos será atribuída a designação de dispositivo aos módulos com entradas analógicas/digitais, saídas com relés, módulos GSM e a designação de módulo ao elemento que trabalha com a rede GSM.

2.1.1 Dispositivos de envio de SMS e chamadas telefónicas com entradas e saídas incluídas

Não foram encontrados muitos dispositivos com as características pretendidas, no entanto encontraram-se no mercado três dispositivos, dois da empresa *Microcom*, o *Hermes*

TCR200[3] (Figura 2) e o *Hermes LC2[4]* (Figura 3), e um da empresa *Legato Electronics* (Figura 4). Estes dispositivos são basicamente iguais e com o mesmo princípio de funcionamento, no entanto há algumas diferenças que serão descritas posteriormente no ponto vantagens e desvantagens.



Figura 2 – Imagem do dispositivo *Hermes TCR - 200* retirada do site da empresa



Figura 3 – Imagem do dispositivo *Hermes LC2* retirada do site da empresa



Figura 4 – Imagem do SMS Alarm Data Messenger retirada do site da empresa

Estes dispositivos estão preparados, segundo os fabricantes, para as seguintes aplicações:

- Redes de abastecimento de água.
- Redes de distribuição de electricidade.
- Instalações de energia solar.
- Estações de bombeamento.
- Instalações de refrigeração industrial.
- Supervisão geral das instalações industriais e transmissão de alarmes técnicos;

Este tipo de dispositivos são os que parecem mais viáveis ao trabalho neste momento, pois recebem alarmes e mediante esses alarmes enviam mensagens de texto ou efectuem uma chamada telefónica. No entanto existem módulos mais pequenos e menos complexos (do ponto de vista da aplicação), que permitem enviar SMS e efectuar chamadas, mas não possuem a complexidade de decisão perante um alarme ou mudança de estados mediante recepção de SMS.

Vão ser estudados no ponto seguinte esse tipo de módulos para ter uma maior percepção em caso de se querer partir da raiz (não adquirindo o dispositivo, mas sim contruindo-o) até ao produto final.

2.1.2 Módulos GSM/GPRS/GPS

Existem vários modelos de módulos que integram a tecnologia GSM, GPRS e GPS. Esta pesquisa tem em vista mostrar a variedade existente no mercado que pode levar a um diversificado leque de diferentes aplicações com base numa ideia inicial.

Estes módulos podem ser explorados no seu todo, o que não acontece com os dispositivos anteriormente descritos, pois esses são fabricados com vista a ter um determinado funcionamento, onde o engenheiro não pode configurar de livre vontade, ou alterar pormenores que poderiam fazer alguma diferença. Embora esses dispositivos tenham uma configuração bastante abrangente, acaba por se ficar limitado ao que o fabricante fornece, não podendo de certa forma interagir com mais dispositivos electrónicos, ou se possível, é de uma forma muito limitada.

Este tipo de módulo é no fundo o tipo de módulo que está integrado nos dispositivos do ponto anterior, mas com estes agora abordados, é o próprio engenheiro que faz a escolha de todos os outros componentes de modo que haja uma comunicação *M2M* eficiente e apropriada ao objectivo final, sendo no entanto mais trabalhoso e provavelmente mais dispendioso (inicialmente).



Figura 5 – Imagem do módulo GM47/48 da Telkit retirada do site da empresa

Far-se-á referência a alguns módulos pesquisados (há no entanto uma panóplia deles no mercado), como por exemplo o modelo *GM47/GM48 GSM Engines*[5] da *Telkit* é uma unidade

compacta (50x33x7.2mm), mas possui todas as características necessárias a soluções de comunicações *M2M*. Dual Band nas redes GSM 900/1800MHz (GM47), GSM 850/1900MHz (GM48), possibilidade de enviar e receber dados por SMS, CSD, HSCSD ou GPRS, chamadas de voz e fax. O GM47/GM48 é compatível com os principais standards de comunicações. Não está incorporado, no entanto, é possível haver interoperabilidade com GPS.

Outro módulo deste tipo e em tudo idêntico ao anterior é o modelo *GE862 – GPS* [6] da *Telit* (Figura 6), no entanto este já tem incorporado GPS ao contrário do anterior.



Figura 6 – Imagem do módulo *GE862 - GPS* da *Telit* retirada do site da empresa



Figura 7 – Imagem do modelo *GM28/GM29* da *Telit* retirada do site da empresa



Figura 8 – Imagem do módulo *GT864* da *Telit* retirada do site da empresa

Estas duas empresas têm também uns módulos encapsulados de fácil aplicação. O modelo da *Telkit* é o *GM28/29*[5] que pode ver-se na Figura 7 e o modelo da *Telit* é o *GT864* (Figura 8).

O GM28/GM29 (Figura 7) é um módulo *plug-and-play* com um leitor integral de cartões SIM e conectores standard. Liga-se o conector de RS232 directamente a uma aplicação ou computador e o GM28/GM29 está preparado para ser utilizado como dispositivo sem fios. O módulo pode enviar e pode receber dados por GPRS, HSCSD, CSD, SMS, bem como fax e chamadas de voz. O GM29/GM28 é uma solução que pode ser usada para qualquer aplicação imaginável em comunicações *M2M*.

O GT864 (Figura 8) é também uma solução completa de modems incorporados para aplicações *M2M* sem fios. O GT864 é capaz de se comunicar através de todos os serviços tradicionais de dados fornecidos pelas redes GSM/GPRS. Tem integrado stack TCP/IP, o controlo directo pela interface serial RS232, e com uma ampla gama de tensão (5-36 VDC), o terminal GT864 é também uma solução bastante completa para aplicações *M2M*.

A *Telit* modelo GT864-QUAD tem áudio analógico no mini conector USB suportando conectividade para um headphone, enquanto a *Telit* modelo GT864-PY tem, no mesmo conector, um conjunto de entradas de uso geral.

O GT864-PY oferece a possibilidade de execução de aplicações do cliente dentro do módulo, tornando este terminal uma plataforma completa para soluções *M2M*.

Estes módulos são apenas alguns exemplos, existem muitos outros no mercado com as mesmas funções.

2.2 Vantagens e desvantagens dos dispositivos GSM

Olhando agora para as vantagens e desvantagens dos dispositivos podemos tirar algumas conclusões de modo a que no futuro possa ser melhorado este trabalho ou até mesmo o produto final.

Olhando para a Tabela 1 pode ver-se quais os aspectos mais interessantes e fazer uma escolha do dispositivo que mais se adequa à aplicação pretendida.

	<i>SMS Alarm Voice & Data Messenger</i>	<i>Hermes TCR – 200</i>	<i>Hermes LC2</i>
<i>Número de entradas digitais</i>	8	8	8
<i>Número de entradas analógicas</i>	2	4	4 Sondas de temperatura
<i>Número de saídas</i>	3	4	2
<i>Tensão de Alimentação</i>	7V – 15V (DC)	9V – 30V (DC)	220V (AC)
<i>Máxima tensão/corrente de saída</i>	120V (AC) – 1A 24V (DC) – 1A	250V (AC) – 3A	250V (AC)
<i>Interfaces</i>	RS232	USB	USB
<i>Software de configuração/trabalho</i>	SMSProSetup (Windows) ¹	MODBUS ² Zeus ²	MODBUS ² Zeus ²

¹ Software fornecido pelo fabricante e que apenas funciona em Windows. Pode-se no entanto configurar em outros sistemas operativos usando a porta serial (RS232) com os comandos das SMS. Pode ser um bom objectivo de futuro construir a própria interface gráfica (em java, já que estas aplicações correm em todos os sistemas operativos) para poder usar em qualquer sistema operativo.

² Aplicações para Windows.

<i>Consultar saldo</i>	Não	Sim	Sim
<i>Chamada de voz/SMS quando activados os alarmes</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Activação de relés quando activados os alarmes</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Envio de mensagens depois de falha no sistema</i>	Sim (as últimas 10)	Sim (as últimas 20)	Sim (as últimas 20)
<i>Combinação de diferentes sinais</i>	Não	Sim	Sim
<i>Verificação da tensão de alimentação</i>	Sim	Não ³	Não ³
<i>Configurável por SMS</i>	Sim	Sim	Sim
<i>Bateria interna</i>	Não	Não	Sim
<i>Activação no flanco ascendente, descendente e mudança de estado dos sinais</i>	Sim	Não	Não
<i>Preço</i>	\$240 (≈180€)	370€	250€

Tabela 1 – Comparação de módulos

Não será feita uma comparação directa dos módulos GSM, pois são basicamente iguais em termos de funcionalidades e como se pretende obter um dispositivo que tenha já incorporado varias funcionalidades, deixa-se de parte os módulos mais simples, ficando apenas a informação que estes existem e pode ser construído um sistema de raiz se assim for pretendido.

³ Não é referido em nenhum lado que esta operação é feita, logo assume-se que não é feita.

Tendo feito uma abordagem dos possíveis dispositivos que se poderiam usar e olhando para a Tabela 1 pode verificar-se que seria escolhido o dispositivo *Hermes TCR-200*. As diferenças técnicas não são no entanto muito significativas.

Mediante pesquisa verificou-se que o preço era relativamente diferente, sendo o *Hermes TCR-200* relativamente mais dispendioso (370€) que o *SMS Alarm Voice & Data Messenger* (\$240 USD)

Como as diferenças técnicas são relativamente pequenas optou-se então pelo *SMS Alarm Voice & Data Messenger*.

2.3 Dispositivo usado

2.3.1 Identificação do módulo e características físicas e eléctricas

O produto utilizado é distribuído pela empresa *Legato Electronics,Ltd*[7] sediada em Hong Kong, China.

O produto é um *SMS Alarm Voice & Data Messenger* de modelo *SMS Pro-X*, projectado com um *MCU* de 16bits e um módulo *GSM* da Siemens, e tem em vista várias aplicações, tais como: monitorização de equipamento industrial, segurança inteligente em casa ou no veículo, entre outras.

Tem uma tensão de trabalho entre 7V e 15V (DC), consome uma corrente de 50mA em *standby* e cerca de 80mA quando envia ou recebe SMS's. Tem um correcto funcionamento para a gama de temperatura de -25°C a 55°C.

A resistência da antena é de 50Ω. Este parâmetro é importante caso se necessite de colocar uma antena com cabo para ter melhor campo de visão entre a antena e estação base.

Peso: 600g; Dimensões: 135 x 105 x 25 mm;

Entradas⁴

A tensão de trabalho das entradas do módulo está especificada como 12V (DC) ou 24V (DC) (as entradas estão isoladas opticamente e tem uma resistência de entrada de 1kΩ). No caso de ser colocado 24V é necessário colocar uma resistência de 1 a 2.2kΩ em série com a já existente de 1kΩ como se vê no esquema da Figura 9. Foi usada, no entanto, uma tensão de 5V (DC) por comodidade de circuitos. (Antes de se partir para esta hipótese foi testado para verificar o correcto funcionamento).

⁴ Tanto as Entradas como as Saídas têm uma configuração específica que se mostra num diagrama simples na Figura 10.

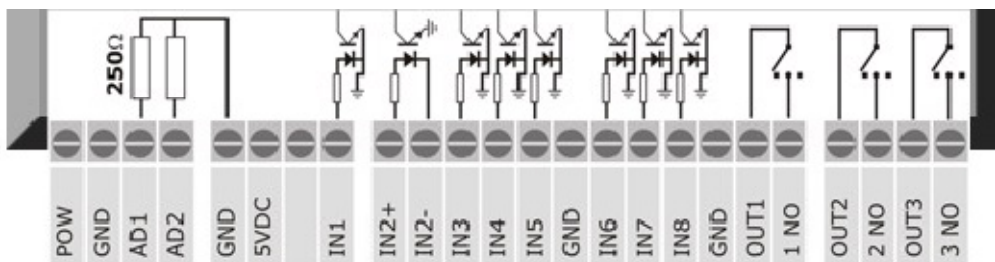


Figura 9 – Esquema das ligações eléctricas de entrada e saída do módulo, retirado do datasheet.

Saídas

As tensões de saída podem ser variáveis, sendo estas definidas pelo técnico ou utilizador e podem variar de 0V até 24V (DC) com corrente máxima de 1A, ou de 0V a 120V (AC) também de corrente máxima 1A.

Nas figuras seguintes mostra-se como deve ser feita a ligação de entrada e de saída (Figura 10) para um correcto funcionamento.

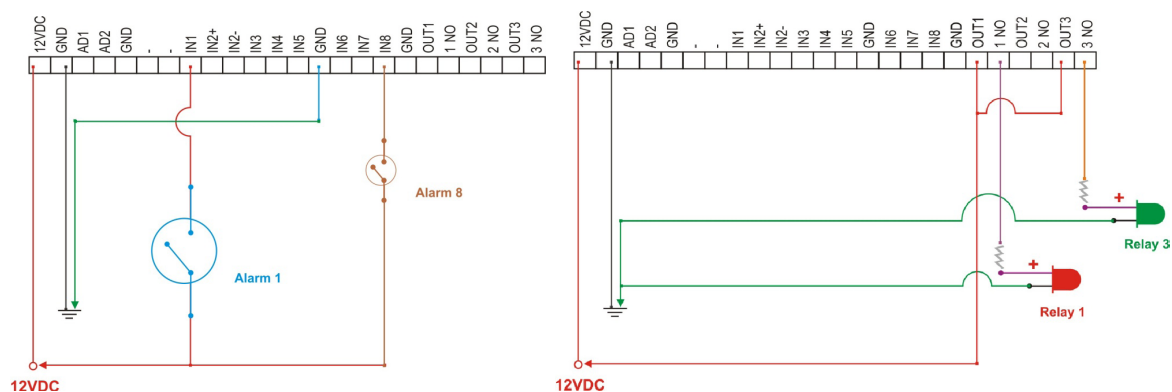


Figura 10 – Ligações de Entrada (à esquerda) e saída (à direita)

Na Figura 11 é mostrada uma imagem elucidativa do módulo, de maneira a que se perceba melhor o esquema de ligações deste.

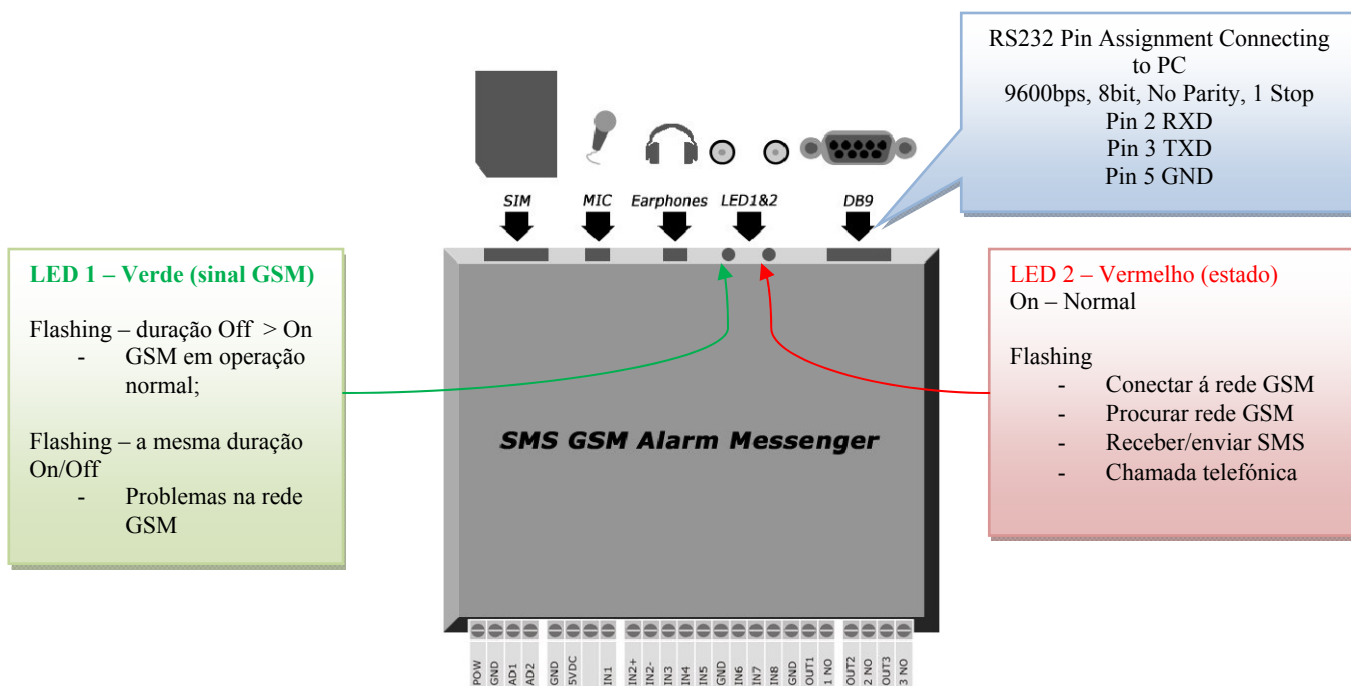


Figura 11 – Esquema geral do módulo e funções dos led's

2.3.2 Funções

O módulo em causa tem várias especificações que passam a ser descritas:

- Necessita de *Cartão SIM* para funcionamento, operando só em zonas de cobertura de rede *GSM*;
- Possui alarme por envio de mensagem e/ou chamada telefónica. Em caso de falha no envio de mensagens, guarda as últimas 10 e envia quando o sistema voltar ao funcionamento normal;
- O estado de funcionamento e programação pode ser conhecido mediante envio de SMS ou por computador (ligação RS232);
- Pode ter até duas centrais de monitorização permanente, para onde os dados podem ser enviados periodicamente, mediante configuração;
- Faz uma verificação automática da tensão de alimentação e envia sinal de alarme caso esta esteja abaixo de uma tensão desejada;
- Pode ter até oito alarmes de entrada digital (on/off), dois de entrada analógica e três saídas programáveis activadas por relé;

2.3.3 Configuração

A configuração deste módulo pode ser feita mediante duas vias, por RS232 ou via SMS. A configuração por SMS consegue abranger todas as funções executadas via configuração por computador. No entanto a configuração via SMS é algo complicada devido ao elevado

número de comandos diferentes que se podem efectuar (complicado no sentido de difícil memorização de comandos com pormenores).

Devido ao elevado número de operações, colocou-se no apêndice A a sua maioria, que podem ser configuradas via SMS ou via computador. Optou-se por esta estratégia para não tornar o texto longo e repetitivo.

Será apresentado (também no apêndice A), antes das configurações, uma breve configuração rápida de ligação (Quick StartUp) do dispositivo que permite a correcta interacção com este.

Capítulo III

3. Desenvolvimento do Trabalho e Escolhas Realizadas

Neste capítulo será abordado com maior pormenor o objectivo do trabalho e a forma de implementação.

Como já se possui o dispositivo (módulo *SMS Alarm Voice & Data Messenger*) que opera na rede GSM e o único acesso à sua configuração é pela porta série, trabalhar-se-á então principalmente com a comunicação série que este possui.

3.1 Abordagem e início do desenvolvimento do sistema completo

Como já foi referido no capítulo anterior, não é de todo fácil trabalhar com este tipo de dispositivos, e quando se fala de trabalhar, é no sentido de alterá-lo de maneira a satisfazer as necessidades do engenheiro, no entanto integra bastantes funcionalidades que levaram à sua escolha. Sendo assim vai trabalhar-se à volta do *SMS Alarm Voice & Data Messenger* de forma a obter o resultado pretendido.

Sendo o objectivo principal deste trabalho a detecção de gases perigosos para o ser humano (venenosos e inflamáveis) e posterior notificação via SMS, o trabalho foi estruturado de acordo com o diagrama de blocos apresentado na Figura 12.

Na figura pode observar-se o dispositivo *SMS Alarm Voice & Data Messenger*⁵ como a principal peça no nosso sistema. Ligado a este dispositivo podem observar-se sensores e um microcontrolador. Ainda ligado ao microcontrolador tem-se um LCD e um teclado numérico.

Explicando agora qual a função de cada bloco, pode começar-se pela ideia principal, que se baseia no envio de um SMS quando é activado um sinal devido ao disparo do sensor ao gás associado. Partindo então desta ideia, tem-se o bloco principal que é o dispositivo *SAVDM* que, como já vimos em capítulos anteriores, tem como função receber sinais e em função destes, enviar SMS, fazer uma chamada telefónica ou activar um alarme, podendo satisfazer estas três tarefas em simultâneo.

⁵ Para uma leitura menos maçante para o leitor, será usada a sigla SAVDM em vez de *SMS Alarm Voice & Data Messenger*.

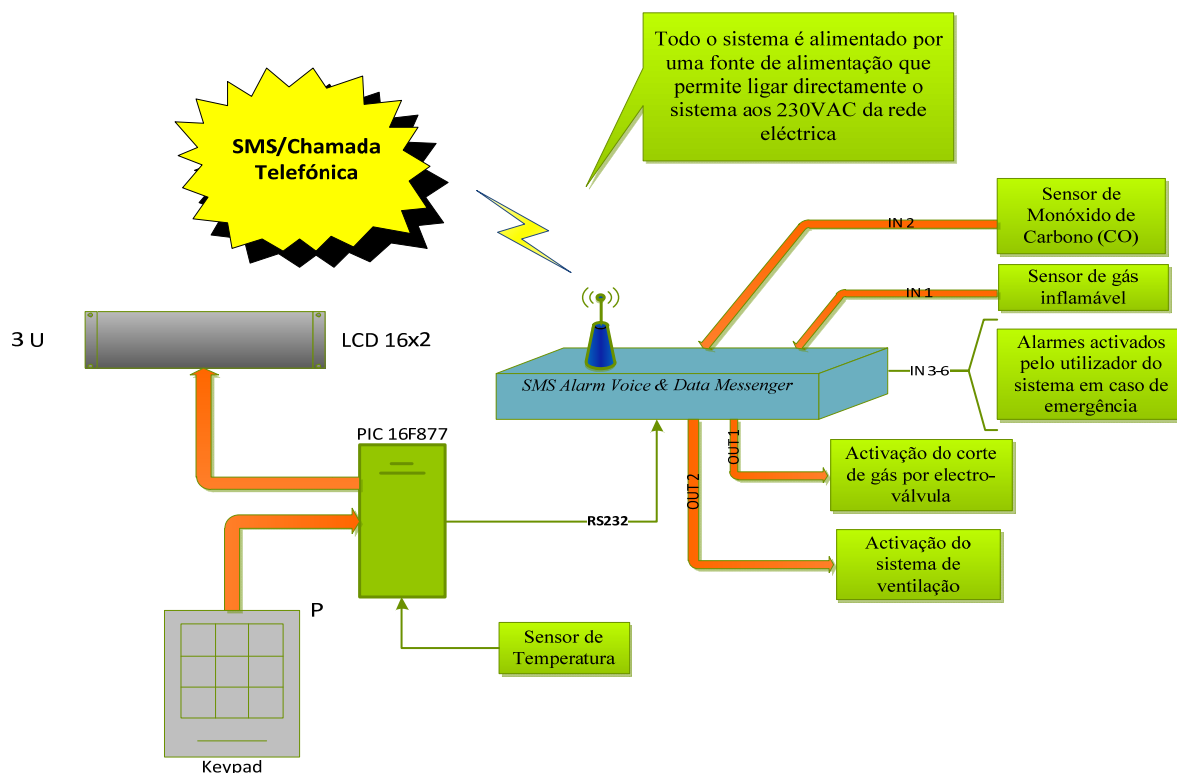


Figura 12 – Diagrama de blocos do sistema desejado

Ligado a este dispositivo temos os sensores de monóxido de carbono e de gás inflamável. Estes sensores farão uma monitorização do gás ao qual são sensíveis e reportarão um sinal eléctrico para as entradas digitais do *SAVDM*. Ainda ligado a este dispositivo temos um microcontrolador (μC) que fará uma gestão local de activação e desactivação do dispositivo, sem ser necessário a utilização de um telemóvel (envio de SMS) ou de um computador. Esta ligação será feita através de comunicação série (RS232), com o devido protocolo de funcionamento do *SAVDM*. Para haver esta comunicação será no entanto necessária uma palavra-chave para desactivar ou activar o dispositivo, pois esta é necessária para o envio de informação do μC para o dispositivo e também por uma questão de segurança. Para haver uma certa interacção entre o dispositivo e o utilizador terá então um teclado numérico, termo mais conhecido em inglês *keypad* e um LCD para a visualização do estado do módulo. Falta ainda referir o sensor de temperatura (que fará uma monitorização da temperatura, como uma informação adicional no local) e os sinais eléctricos que podem ser enviados para o dispositivo em caso de pânico ou doença súbita de modo a que este efectue uma chamada de emergência (meios de socorro ou para familiares) sem que seja necessário digitar qualquer número.

Pensando agora na acção que será desencadeada depois do alarme ser activado, temos a activação dos relés de saída que ligarão sistemas de protecção em função do alarme que tiver

disparado. Esta parte do “posterior” não faz parte dos objectivos do trabalho, pode ser no entanto um caso de estudo para futuros trabalhos.

Para que possa haver uma comunicação entre duas pessoas através do dispositivo, embora não representado na Figura 12, este possui entradas para conectar um microfone e um auscultador, como se pode ver na Figura 11 (Cap. II).

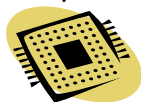
Para fazer a alimentação de todo o sistema e visto que este é para o interior de uma habitação (normalmente alimentada a 230VAC@50Hz na Europa), é necessário colocar uma fonte de alimentação que alimente o sistema a 12VDC e como iremos ver mais a frente também a 5VDC. Esta fonte não está representada no diagrama de blocos pois teria que estar ligada a todos os blocos representados, o que iria tornar o esquema mais complexo.

O diagrama de blocos apresentado é um ponto de partida simples do que será o trabalho final. No próximo ponto será apresentado o funcionamento mais concreto de cada um destes blocos e o seu funcionamento em conjunto.

3.2 *Funcionamento do sistema*

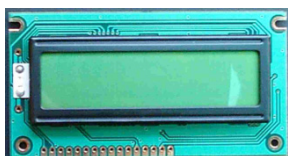
Explicando agora qual a função de cada bloco e deixando de certa forma o *SAVDM* de parte visto que já se tem algum conhecimento do seu funcionamento de capítulos anteriores, vai começar-se então pelo segundo bloco mais importante, que é o μC .

3.2.1 Microcontrolador



O μC tem também bastante importância pois vai fazer a gestão de todo o processo de interacção com o utilizador no local, isto é, vai enviar a informação para o LCD, fará uma leitura periódica do valor da temperatura, que colocará no LCD também e enviará o código necessário para que o *SAVDM* reporte uma mensagem a alertar para temperaturas acima ou abaixo de um valor pré definido. Fará também a leitura dos valores introduzidos no keypad verificando se estes estão de acordo com a palavra-chave do módulo.

3.2.2 LCD



Já que se está a falar do LCD, este tem como função informar o utilizador do estado do dispositivo *SAVDM* (se activado ou desactivado) e o valor da temperatura em graus centígrados (°C). O LCD dará também a informação quando se estiver a activar ou desactivar o módulo, aparecendo uma mensagem de erro se o código estiver errado. Será um LCD simples de 16 colunas por 2 linhas (16x2).

3.2.3 Keypad

Este bloco é, assim como o LCD, apenas para interacção com o utilizador, tem como função enviar os dígitos do código de acesso para activar/desactivar o dispositivo. Será também um teclado numérico simples com 12 teclas. Associado a este teclado tem um botão para activar o processo de activação/desactivação do μC , será um simples botão de pressão.



3.2.4 Sensores

Os sensores serão também uma parte importante no sistema, visto que vão ser eles que vão monitorizar os gases pretendidos e temperatura. Pretende-se ter um sensor de monóxido de carbono, um sensor de gás inflamável e um sensor de temperatura. Pensou-se nestes sensores, pois são no entender do engenheiro os que tem mais relevância, visto o monóxido de carbono ser altamente perigoso para a saúde, podendo mesmo ser fatal e o gás inflamável, um perigo constante de explosão em todas as nossas casas.



3.2.5 Alarmes

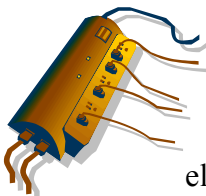
Este tipo de alarme pretende-se que sejam botões devidamente distribuídos pela habitação de forma que quando o utilizador tenha alguma emergência, por exemplo um incêndio, ou até mesmo por motivos de saúde. Quando algum destes botões é premido, é desencadeado uma chamada telefónica para o número de emergência, ou para outro número qualquer que o utilizador pretenda. Pode eventualmente enviar também um SMS e activar algum tipo alarme local.



Estes botões de alarme podem depois ser devidamente moldados a pessoas com deficiências visuais ou com incapacidades motoras, sendo colocados em sítios estratégicos, ou até serem colocados na própria pessoa, sendo que se entraria aqui em outra área de trabalho mais complexa.

3.2.6 Fonte de alimentação

Visto que o sistema funciona a uma tensão contínua, no caso do *SAVDM* a 12VDC e o resto dos componentes a 5VDC, e que como este sistema está a ser projectado para o interior de uma habitação, faz algum sentido que este seja alimentado pela energia da rede eléctrica disponível em nossas casas (230VAC). Para isso foi desenvolvida uma fonte de alimentação que a partir de energia da rede eléctrica conseguisse fornecer ao sistema essas duas tensões. Os passos do seu desenvolvimento serão feitos num capítulo mais a frente, tendo a descrição de todas as necessidades.



3.2.7 Sistema completo

Pretende-se que o sistema seja o mais *user friendly* possível e para isso foi pensado uma interacção simples e de fácil percepção para o utilizador.

Como se pode ver no anexo A o *SAVDM* é relativamente fácil de configurar através de SMS ou de computador, no entanto para a utilização em causa, não é muito necessário este tipo de interacção, apenas para eventualmente o utilizador monitorizar as saídas e entradas. Sendo assim, a ideia é o dispositivo ser configurado apenas uma vez. Com este tipo de abordagem o utilizador apenas precisa de premir botões e digitar números para o código de acesso.

Em termos do sistema em si, o que se pretende que o sistema faça é que quando ligado, este ponha em funcionamento o dispositivo principal (*SAVDM*), o LCD com a informação de activado ou desactivado e a temperatura, e active os restantes componentes electrónicos. Após isso pretende-se que todo o sistema tenha um funcionamento semelhante ao do fluxograma que se apresenta na Figura 13 onde o microprocessador vai fazer a gestão da interacção com o utilizador no local, vai monitorizar a temperatura e como já foi dito, envia um SMS no caso de esta estar fora dos limites pré determinados colocando as devidas mensagens no LCD.

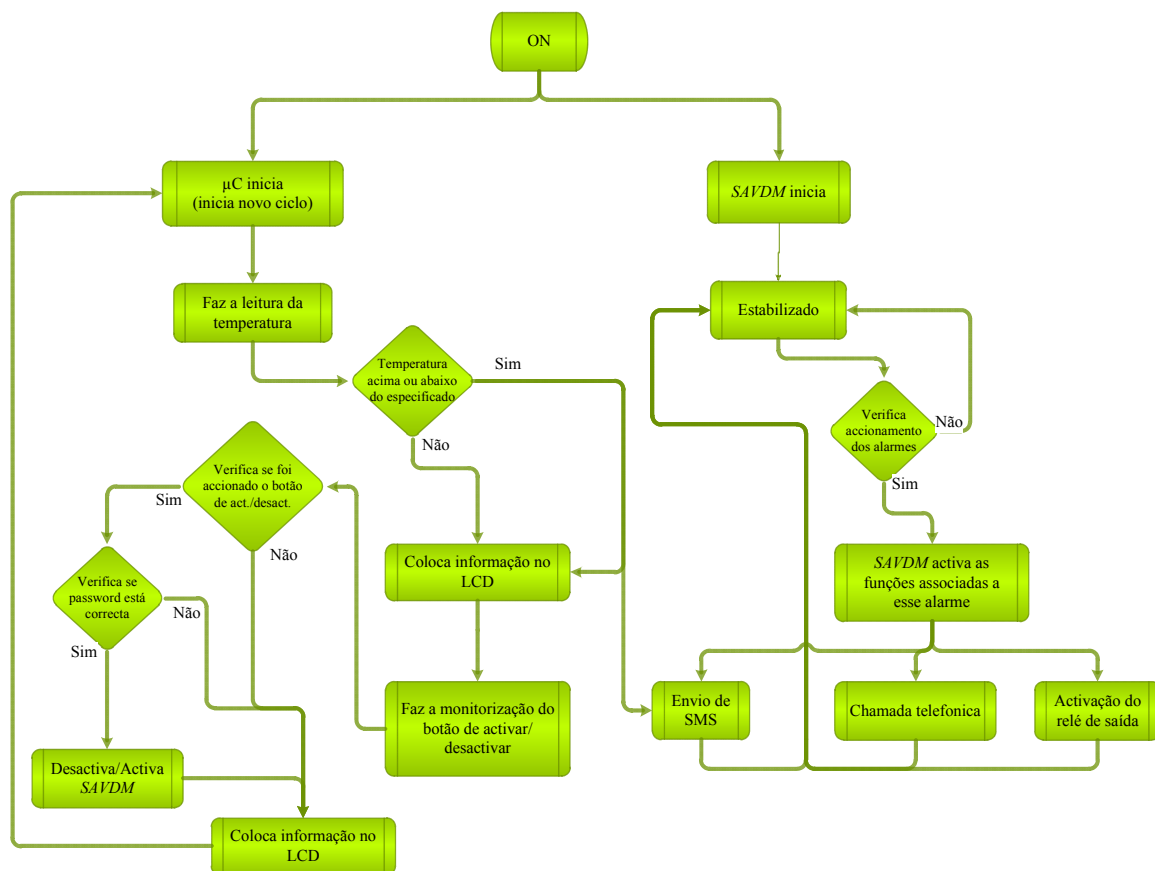


Figura 13 – Fluxograma do Sistema

Passando ao fluxograma, todo o sistema electrónico inicia, faz a leitura da temperatura, se está abaixo ou acima do limite pré estabelecido envia o código necessário para o *SAVDM* de modo a que este envie uma mensagem de alerta para um número pré configurado e coloca a informação da temperatura no LCD. Este procedimento não será feito em todos os ciclos, pôr-se-á por exemplo um contador que apenas actualize quando tiverem ocorrido 2000 ou 3000 ciclos. Posteriormente o μC verifica se o botão de alteração de estado do dispositivo foi activado, se este for activado pede a palavra-chave, verifica se esta está correcta, se estiver correcta activa/desactiva o dispositivo e põe no LCD, se não põe no LCD “password incorrecta”. Após isto, todo um novo ciclo inicia e fará de novo todos os procedimentos.

Paralelamente a este procedimento o *SAVDM* está a verificar se algum dos alarmes foi activado. Este procedimento é completamente alheio ao engenheiro, pelo que não se sabe como é feito, tem-se apenas as indicações do manual e da experiência com o dispositivo. Seguindo o fluxograma, o *SAVDM* inicia, estabiliza ficando alerta se existe algum sinal eléctrico que active o seu funcionamento; no caso de isso acontecer, o *SAVDM* irá proceder às devidas funções dependendo do alarme que for activado, podendo enviar SMS, fazer uma chamada telefónica, activar um relé de saída ou podendo fazer até as três funções em simultâneo.

Visto estar o sistema projectado, é necessário verificar o material que vai ser usado, que será o tema do próximo ponto.

3.3 Procura e escolha do material do trabalho

Tendo neste momento o trabalho projectado é necessário fazer a escolha do material que será usado. Tendo já escolhido o dispositivo principal, é necessário escolher, mediante as necessidades e variados critérios, todos os outros componentes.

Começando pelo μC , foi escolhido o PIC16F877 da microchip⁶. É um controlador simples, relativamente barato e tem o número de portos, memória e condições necessárias à aplicação pretendida. Foi escolhida esta família devido ao conhecimento desta de trabalhos anteriores por parte do engenheiro, o que facilita a aprendizagem e integração no sistema.

Para o LCD foi escolhido um produto relativamente barato e com as necessidades para o trabalho, é um LCD de dezasseis colunas por duas linhas (16x2) da EVERBOUQUET de modelo MC16021E8[8]. Além do número de caracteres e do preço não teve mais nenhum critério obrigatório de escolha.

Na escolha do teclado numérico apenas se teve em conta as características (que fosse um teclado com os 10 algarismos (0-9)) e de preço acessível. Foi escolhido o modelo MCAK304NBWB da MULTICOMP[9].

⁶ Microchip Technology é uma empresa Americana, produtora de microcontroladores, memória e semicondutores analógicos. Pode ver-se com mais detalhe no sítio da internet: <http://www.microchip.com/>

Uma escolha mais difícil e com algumas dificuldades foi a escolha dos sensores. Para o sensor de temperatura foi escolhido o CI LM335[10], pelo facto de já ser conhecido pelo engenheiro e apresentar as características necessárias para o sistema; há no entanto um enorme leque de sensores de temperatura com características idênticas e de precisão e qualidade superior que levam, obviamente, a um preço mais elevado. A escolha dos sensores de CO e Gás foi no entanto um tanto mais complicada, primeiro porque está fora da área de estudo do engenheiro, depois é algo em que não parece ser muito comum nas lojas de material electrónico convencional e quando encontrados tem-se alguma dificuldade em perceber a totalidade dos datasheets. Depois de alguma procura em torno destes elementos, foram encontrados sensores que aparentemente seriam o ideal para o projecto, funcionam

Figura 14 – Sensor de gases inflamáveis (MQ-2)

numa tensão de 0 a 5VDC, com baixa corrente e de relativamente fácil uso. Estes sensores são o MQ-2 (Figura 14)[11] e MQ-7 (Figura 15) [12] da HWSSENSOR. Estes sensores mediante uma determinada concentração do gás ao qual são sujeitos colocam uma tensão aos seus terminais. São sensores electroquímicos, isto é, a sua resistência interna varia mediante a concentração que lhe é imposta. No caso do MQ-7 precisa de um circuito auxiliar para que este tenha um correcto funcionamento (será abordado mais a frente). Como estes sensores têm 6 pinos e alguns deles com a mesma função, existe um suporte próprio para facilitar a utilização destes. O suporte tem como nome *Pololu MQ Gas Sensor Carrier*[13] e é distribuído pela Pololu. Este suporte permite ainda integrar uma

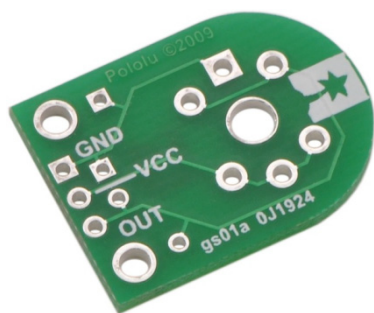


Figura 16 – Pololu sensor carrier

em funcionamento.

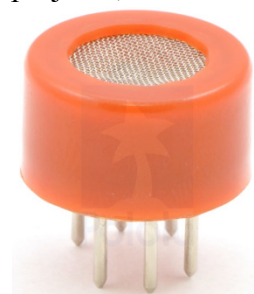


Figura 15 – Sensor de monóxido de carbono (MQ-7)

resistência necessária ao sensor, denominada por R_L , como se irá ver mais a frente.

Por último, e ainda pouco mencionado, é necessário escolher os acessórios para a fonte de alimentação. Como estes acessórios vão depender muito de todo o sistema e como este é desenvolvido, será uma escolha feita posteriormente, pois vai depender das tensões e correntes utilizadas no sistema. É importante referir que neste momento já se tem uma noção do material necessário, no entanto é arriscado fazer uma escolha sem ter todo o sistema

Capítulo IV

4. Implementação prática

Neste capítulo vai abordar-se todo o processo de construção do sistema implementado.

4.1. Primeiros ensaios e testes do SAVDM

Depois de interiorizar o que o dispositivo faz, houve necessidade de verificar o funcionamento deste, isto é, verificar que realmente este fazia o pretendido para o trabalho. Para isso foi montado um pequeno circuito de teste com botões de pressão (simulavam um alarme) e LEDs de diferentes cores (simulavam as saídas), que verificavam a activação dos relés. Obviamente foi também testado o envio de SMS's e efectuadas chamadas telefónicas para verificação do funcionamento completo.

Pode ver-se na Figura 17 o circuito implementado ligado ao *SAVDM*, este é constituído por 8 botões de pressão e 3 LEDs.

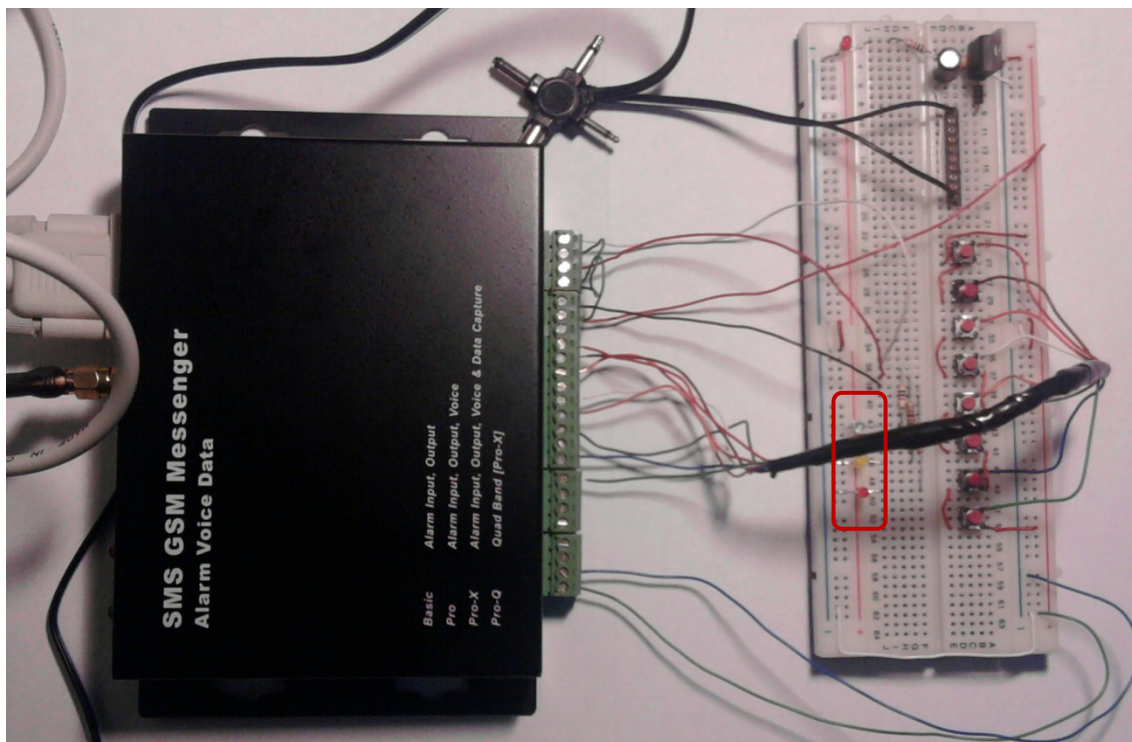


Figura 17 – Circuito de teste ligado ao *SAVDM*

Cada botão de pressão tem uma das extremidades ligada a 5VDC e a outra extremidade está ligada às portas de entrada de alarme do *SAVDM*. Cada vez que um botão é pressionado, simula a existência de um alarme, que depois de configurado terá ou não uma acção. Para

testar o funcionamento o *SAVDM* foi configurado de maneira que fizesse uma chamada telefónica, enviasse um SMS e ligasse um dos LEDs dependendo do alarme activado.

Foi verificado com sucesso o correcto funcionamento do *SAVDM* e houve mesmo uma aprendizagem mais profunda do seu funcionamento, que apenas com a leitura do manual não se consegue ter a percepção, como por exemplo a activação do alarme quando há uma mudança de estado na tensão de entrada, ou activado quando deixa de ter tensão presente na entrada.

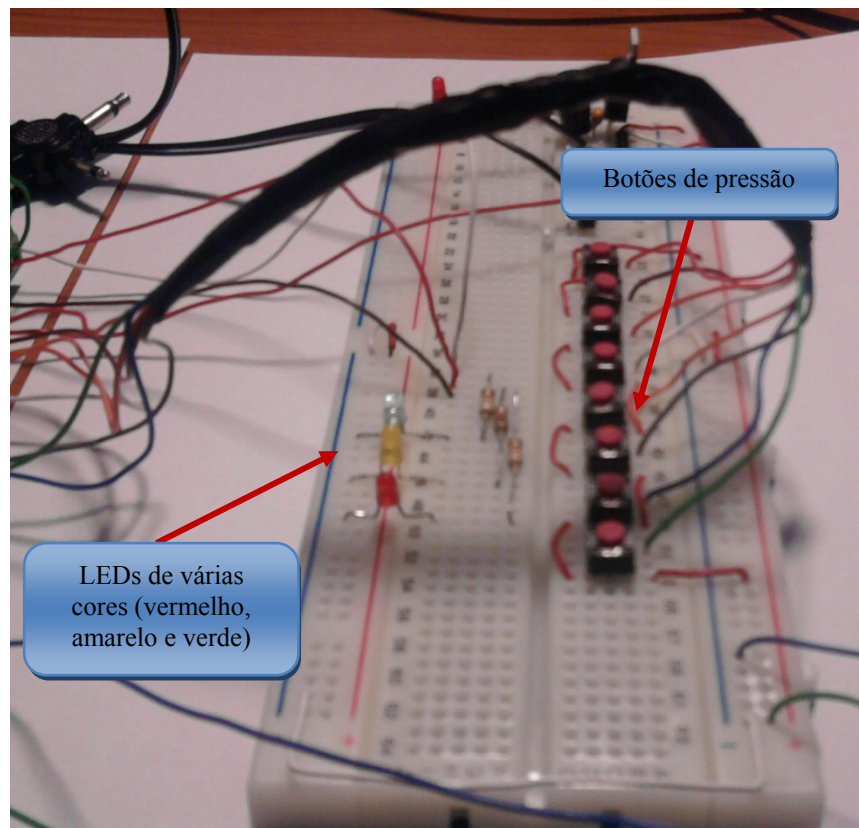


Figura 18 – Circuito de teste (botões e LEDs)

Na Figura 18 vê-se com mais pormenor a montagem dos LEDs e dos botões. Nesta fase foi também testado o funcionamento da activação do alarme de entrada a 5VDC (não evidenciado em nenhuma das figuras), pois é aconselhado pelo fabricante que seja aproximadamente 12VDC, no entanto para a aplicação pretendida é mais conveniente que este valor seja de 5VDC, pois todo o resto do circuito funciona com esta tensão (incluindo os sensores, motivo mais relevante). Das várias vezes em que se testou verificou-se o correcto funcionamento, inclusive foi testado para tensões ainda mais baixas (aproximadamente 4VDC) para ter alguma margem de erro e ter a certeza que o sistema não falharia.

4.2. Funcionamento dos sensores

Este foi talvez um dos pontos mais demorado em todo o trabalho, tanto do ponto de vista de funcionamento, como calibração e percepção da gama de funcionamento destes. Nesta fase não se falará da calibração (haverá oportunidade para falar deste assunto mais a frente). Contudo a dificuldade incidu mais sobre os sensores electroquímicos (CO e Gás), até porque o sensor de temperatura já era conhecido, o que tornou a tarefa mais simples.

4.2.1. Sensor de temperatura

Começando então pelo sensor de temperatura (LM335), este tem funcionamento na gama de 0 a 5V é um sensor de precisão e opera na gama de temperatura de -40°C a 100°C, uma gama mais que suficiente para o trabalho a desenvolver. Este sensor tem o

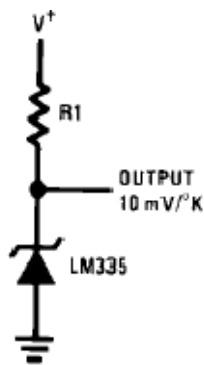


Figura 20 – Esquema eléctrico do sensor de temperatura retirado de [10]

esquema eléctrico como mostrado na Figura 20 no entanto como se irá ver mais a frente, o circuito sofre uma pequena alteração de modo a poder calibrar o sensor. Este assunto não será abordado para já, pelo que fica apenas a indicação.

O sensor tem uma tensão de saída de 2,98V quando a temperatura é de 25°C e este tem a variação de 10mV por cada grau K[10], como se pode ver a indicação na Figura 20. A resistência R_1 tem a função de limitar a corrente que passa no sensor, sendo a corrente aconselhada de 1mA.

Sendo assim temos então para o cálculo desta resistência:

$$V^+ - V_{OUT} = R_1 \times I_{sensor} \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow 5 - 2.98 = R_1 \times 1 \times 10^{-3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow R_1 = \frac{5 - 2.98}{1 \times 10^{-3}} = 2020\Omega$$

Como não há o valor comercial 2020Ω, foi adoptado então para R_1 o valor de 2200Ω que será o valor mais próximo, não fazendo grande diferença para a corrente que passa no sensor, visto que o valor utilizado (0.92mA) é um valor aproximado da corrente calculada. A partir deste momento tem-se o sensor a funcionar, não calibrado, mas em funcionamento.

4.2.2. Sensor de Gás inflamável (MQ-2)

O material de sensibilidade do MQ-2 (sensor de Gás) é o SnO_2 (dióxido de estanho) que proporciona baixa condutividade (resistência elevada) no ar limpo (ar em condições normais sem a presença de gases inflamáveis). Quando há presença de gases inflamáveis, aumenta a condutividade (baixa resistência) com o aumento da concentração do gás. O sensor MQ-2

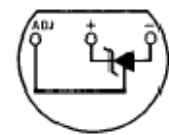


Figura 19 – Vista por baixo do CI LM335 retirado de [10]

tem alta sensibilidade ao LPG, propano e hidrogénio, podendo também ser usado para metano ou gases combustíveis.

É aconselhado, pelo fabricante, o circuito da Figura 22. O sensor necessita de duas tensões, a tensão de aquecimento (V_H) e a tensão de teste (V_C). V_H é usado para impor a correcta

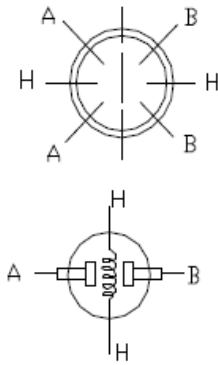


Figura 21 – Ilustração da estrutura dos pinos do MQ-2 [11]

temperatura de trabalho do sensor enquanto V_C alimenta o circuito de detecção. A diferença de potencial em R_L (V_{RL}) varia em função da concentração dos gases combustíveis. Pode usar-se no entanto o mesmo circuito de alimentação, isto é, a mesma tensão, para os dois pinos. Para que o sensor tenha um bom funcionamento é necessário colocar uma resistência R_L dentro dos valores aconselhados pelo fabricante. Este valor pode variar conforme a necessidade de calibração, é aconselhado no entanto um valor entre $5k\Omega$ e $47k\Omega$. Foi adoptado o valor de $10k\Omega$ pois este é um valor dentro da gama e de fácil aplicação em cálculos, tendo assim preferência. No entanto não foi possível fazer a calibração, como se mostrará mais a frente. O consumo deste sensor fica abaixo dos $800mW$, potência que é praticamente toda consumida no aquecimento do sensor. Tem uma gama de sensibilidade para gases combustíveis entre 300 a $10000ppm$ (em média, pois a gama é diferente para diferentes tipos de gases[11]).

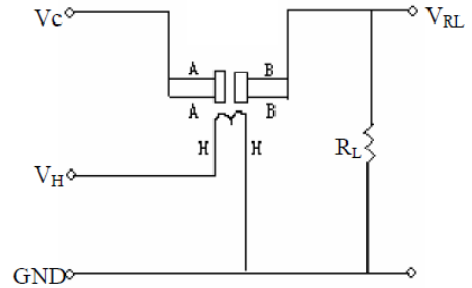


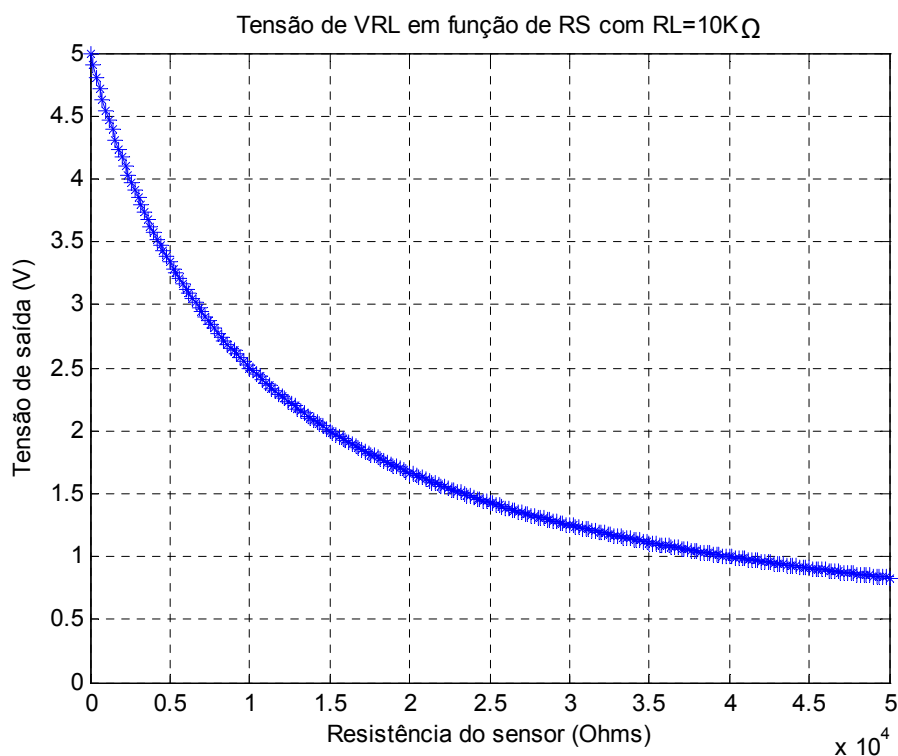
Figura 22 – Circuito aconselhado pelo fabricante retirado de [11]

Depois de ligado e algum tempo de repouso (aconselhado), o valor de V_{RL} é $0.82V$, tem-se então que o valor da resistência de sensing (R_S) é dada por:

$$R_S = \left(\frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L \quad (2)$$

$$\Leftrightarrow R_S = \left(\frac{5}{0.82} - 1 \right) \cdot 10 \times 10^3 \approx 51 \times 10^3 \Omega$$

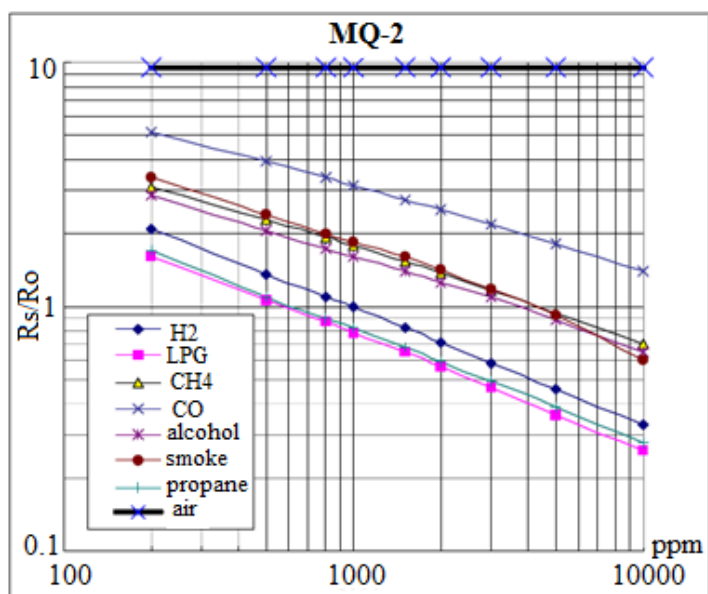
Como se pode verificar o valor desta resistência é relativamente elevada, diminuindo na presença de gases inflamáveis. O valor da tensão V_{RL} varia com a variação da resistência do sensor (R_S), que por sua vez varia com a concentração de gás inflamável.



A tensão de V_{RL} é obtida segundo a equação (V_C é a tensão de alimentação, 5V):

$$V_{RL} = \left(\frac{R_L}{R_S + R_L} \right) \times V_C \quad (3)$$

Pode ver-se agora na Figura 23 a relação entre os diferentes valores da resistência (R_S , que implica diferentes concentrações) para diferentes gases, sendo R_O um valor da resistência R_S para o hidrogénio (H_2) numa concentração de 1000ppm.



Ver-se-á mais a frente como calibrar, ou pelo menos os procedimentos para isso. Pode dizer-se que o sensor foi testado, embora de uma maneira arcaica, para verificar o seu funcionamento quando sujeito a concentração de gases inflamáveis.

Uma das maneiras foi a colocação deste por cima das placas de um fogão doméstico e fazendo correr o gás sem nenhuma fonte de ignição, como se pode ver nas Figura 24 e 25; Outro dos métodos utilizados foi a aproximação de um isqueiro normal, deixando fluir o gás sem, mais uma vez, activar a fonte de ignição. Ambos os processos, embora arcaicos revelaram-se eficazes para verificar o funcionamento do sensor. Este quando sujeito ao gás inflamável, baixava a sua resistência interna (R_S) o que fazia subir de forma abrupta a tensão em V_{RL} .

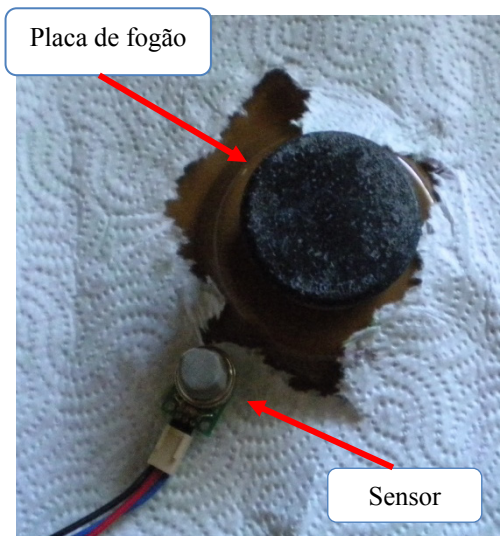


Figura 24 – Sensor à beira de uma placa de fogão doméstico



Figura 25 – Sensor à beira de uma placa de fogão doméstico com tampa para criar ambiente homogêneo.

Como já se viu, o sensor tem uma tensão de saída relacionada com a concentração de gás a que está sujeito, por isso será necessário implementar um circuito que quando este chegar a tensão pretendida faça disparar o *SAVDM*. Este circuito será abordado mais a frente no ponto de circuitos necessários ao sistema, até porque será necessário também para o sensor de monóxido de carbono algo parecido, abordando aí os dois sensores ao mesmo tempo.

4.2.3. Sensor de Monóxido de Carbono (MQ-7)

Este foi o sensor que mais dificuldade se teve na sua aprendizagem, tanto a nível calibração, como modo de funcionamento. Embora muito semelhante ao sensor anterior (em termos de funcionamento), tem diferenças significativas.

Assim como o MQ-2, o MQ-7 tem baixa condutividade no ar limpo. No entanto para fazer

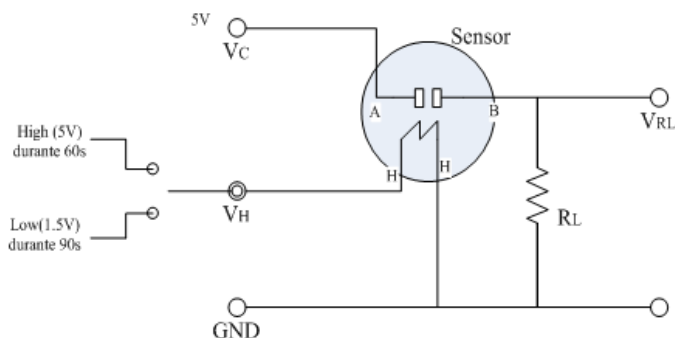


Figura 26 – Circuito aconselhado pelo fabricante

a detecção de gases usa um método de ciclo de alta e baixa temperatura e detecta o CO quando a temperatura é baixa (V_H a 1,5V). A condutividade do sensor aumenta conforme o aumento da concentração de CO. Quando a temperatura é elevada (V_H a 5V), o sensor faz a limpeza de outros gases absorvidos aquando da temperatura baixa. Mais uma vez, assim como o MQ-2, a fim do sensor ter um correcto funcionamento, é

necessário um valor de R_L adequado. Este valor pode variar igualmente entre 5k Ω e 47k Ω e foi escolhido mais uma vez R_L igual a 10k Ω . O consumo deste sensor é relativamente mais baixo em relação ao MQ-2, que ronda os 350mW. Tem uma gama de sensibilidade de 20 a 2000 ppm. Depois de ligado necessita de estar obrigatoriamente ligado durante 48 horas, sob pena de ter as medidas completamente erradas. Este foi um dos pontos mais críticos do trabalho, pois não foi tido em conta este factor e como pode ver-se no Gráfico 2 existe uma diferença relativamente grande passadas as 48 horas do sensor ligado. No início temos cerca de 3,3V e passadas 48 horas ou mais, tende a estabilizar nos 1,6V.

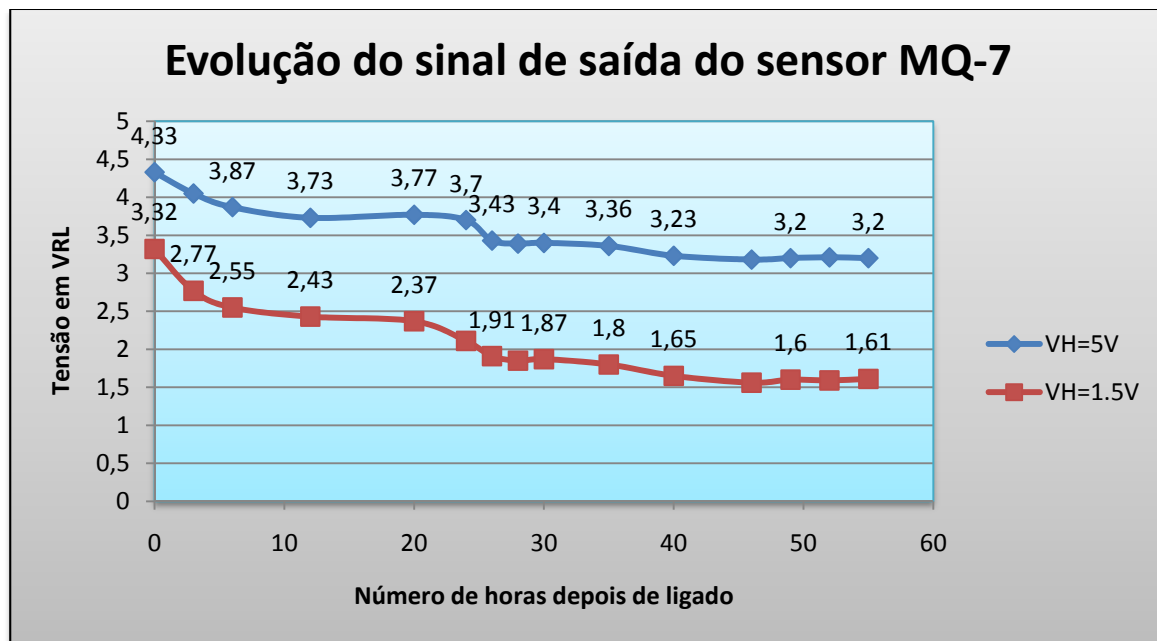


Gráfico 2 – Evolução do sinal de saída do sensor MQ-7

Com este método de funcionamento surge então um problema, tem que se projectar um circuito que mantenha V_H a 5V durante 60 segundos e a 1,5V durante 90 segundos. Para além disso arrasta o problema de não ter uma tensão fixa e que com toda a certeza vai fazer

disparar o *SAVDM* mesmo quando não há nenhum perigo real. O problema do circuito será abordado mais a frente no ponto circuitos para os sensores. O segundo problema teve como solução a monitorização do sinal de V_H e do sinal de saída (V_{RL}). Estes dois sinais em causa serão ligados ao μC e quando V_H estiver activo baixo (low, aproximadamente 0V) e V_{RL} estiver activo alto (high, aproximadamente 5V) então quer dizer que o sensor está na presença de monóxido de carbono, logo o μC envia um sinal eléctrico ao *SAVDM* para que este efectue as devidas acções referentes ao alarme pretendido.

Em relação a resistência interna do sensor, é calculada da mesma maneira que a do MQ-2, no entanto tem valores diferentes como se pode ver a seguir.

Utilizando a equação (2) e substituindo as incógnitas pelos valores do Gráfico 2 depois de 48 horas, temos:

$$R_s = \left(\frac{5}{1.61} - 1 \right) \cdot 10 \times 10^3 \approx 21 \times 10^3 \Omega$$

Tal como no sensor anterior a resistência é relativamente elevada, diminuindo quando o sensor é sujeito a presença de CO. O valor da tensão V_{RL} varia com a variação da resistência do sensor (R_s), que por sua vez varia com a concentração CO existente.

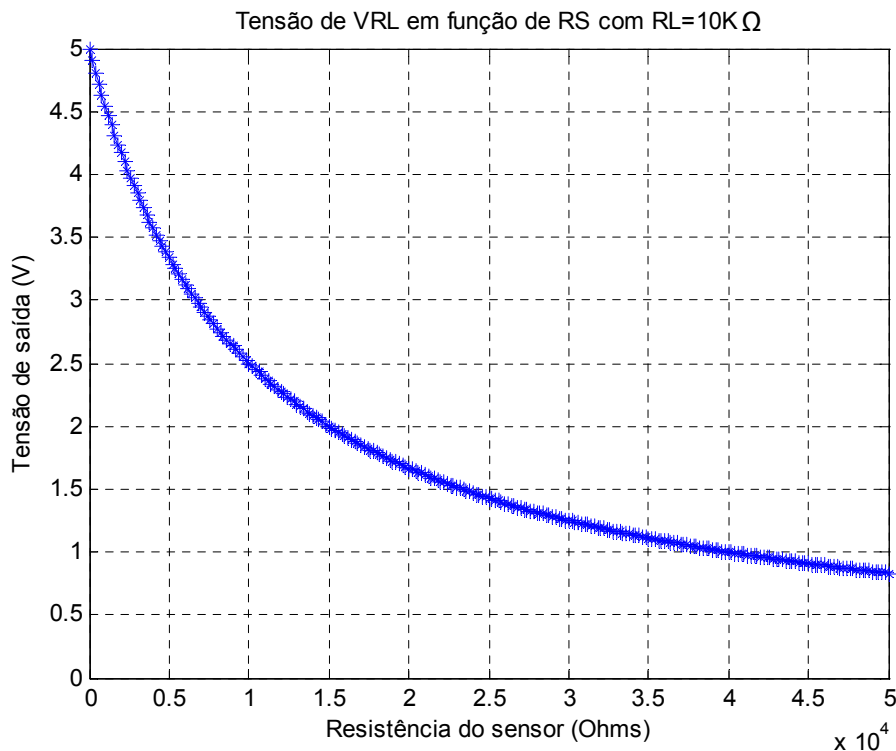


Gráfico 3 – Gráfico da relação entre a tensão V_{RL} e a resistência do sensor R_s

A tensão de V_{RL} é obtida segundo a equação (V_C é a tensão de alimentação, 5V):

$$V_{RL} = \left(\frac{R_L}{R_S + R_L} \right) \times V_C \quad (4)$$

Pode ver-se agora na Figura 27 a relação entre os diferentes valores da resistência (R_S , que implica diferentes concentrações) para diferentes gases, sendo R_O um valor da resistência R_S para o CO numa concentração de 100ppm.

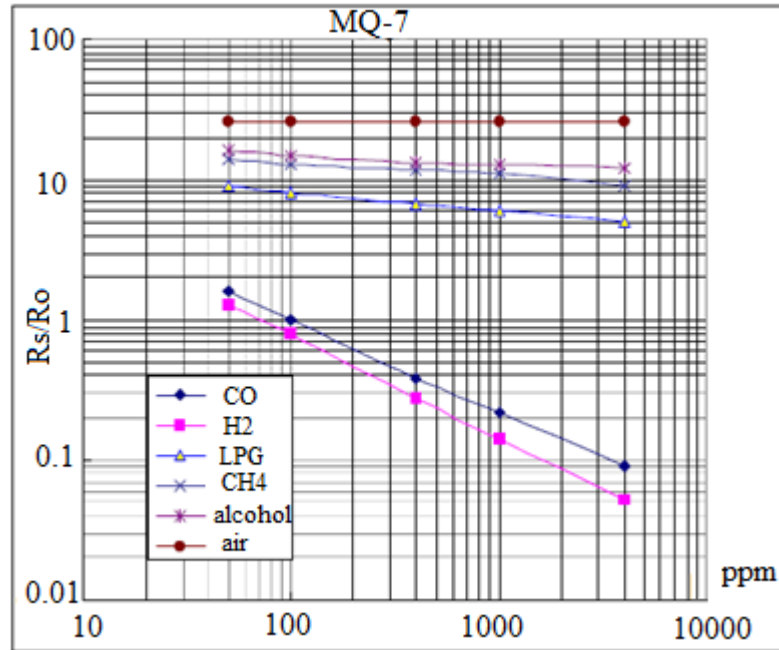


Figura 27 – Gráfico da relação do valor da resistência para diferentes concentrações de CO

Assim como no sensor anterior, é necessário calibrar o sensor, tendo este uma tensão de saída relacionada com a concentração de CO, será necessário também um circuito para que quando na presença da concentração pretendida seja enviado um sinal com 5V, neste caso para o μC e não para o *SAVDM*. Ver-se-á mais a frente o desenvolvimento deste circuito.

4.3. Calibração dos sensores

4.3.1 Calibração do sensor de temperatura

Como já foi visto mais atrás neste documento, o sensor pode usar-se numa configuração simples (Figura 20), no entanto não é tão preciso, podendo variar significativamente da temperatura real. É então sugerido o uso de um circuito que apenas acresce de um potenciômetro, como se pode ver na Figura 28. Para que o sensor esteja calibrado deve ter uma tensão no ponto OUTPUT de 2,98V para uma temperatura de 25°C. O melhor que foi conseguido foi de 2,95V para a temperatura de 23°C, o que não anda muito longe do ponto

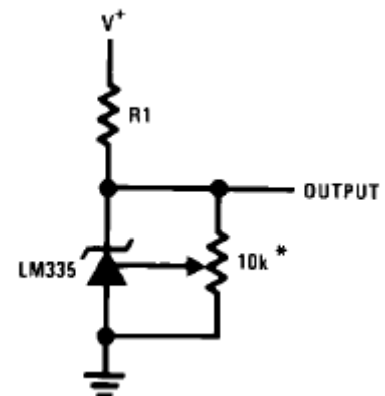


Figura 28 – Circuito do sensor de temperatura com potenciômetro de calibração

ideal de calibração, pois o sensor tem uma variação de $10\text{mV}/^\circ\text{K}$ e visto que a relação entre $^\circ\text{C}$ e $^\circ\text{K}$ é directamente proporcional, como se pode ver na equação (5), tem-se então que a 23°C ter-se-ia $2,96\text{V}$.

$$^\circ\text{C} = \text{K} - 273,15 \text{ ou } \text{K} = ^\circ\text{C} + 273,15 \quad (5)$$

No entanto como as condições de calibração não foram as mais propícias, apenas foi tido em conta a temperatura que estava dentro da sala de teste, pode haver uma diferença de temperatura que justifique este valor.



Figura 29 – Temperatura mostrada no LCD

Pode ver-se na Figura 29 que no entanto a temperatura marcada não andava longe da esperada. Nem eram os 22°C esperados pela tensão obtida no ponto OUTPUT, nem os 23°C que se faziam sentir na sala, anda mesmo aí pelo meio ($22,5^\circ\text{C}$).

4.3.2 Calibração do MQ-2

Não foi possível calibrar correctamente este sensor devido a não ser possível obter meios com concentrações aos quais o sensor seria sensível. A sua gama de sensibilidade é de 300ppm a 10000ppm , como já foi dito, e as concentrações às quais se teria acesso andavam na gama de 20ppm a 80ppm . Sendo assim vai fazer-se uma breve descrição de como se poderia fazer a calibração do sensor.

Para conseguir ter valores credíveis para os sensores é necessário testar para concentrações exactas, ou muito próximo disso, do gás que se pretende testar. Então o procedimento para a calibração é:

- Colocar uma resistência em R_L (Figura 22) dentro do recomendado pelo fabricante (como já se viu, foi usada uma de $10\text{k}\Omega$).
- Esperar o tempo estipulado pelo fabricante;
- Pode eventualmente verificar a tensão à saída do sensor para referência;
- Colocar o sensor num ambiente com concentrações conhecidas do gás (por exemplo 1000ppm para a calibração de acordo com a do fabricante para H_2);
- Colocar o sensor num ambiente com outras concentrações (pelo menos duas) do gás também conhecidas. Se possível colocar num ambiente com a concentração para o qual se pretende que o sensor dispare (no caso deste trabalho o valor seria por volta dos 800ppm no caso do butano[14]);

- Com estes procedimentos poder-se-ia assim tirar vários valores para R_S de diferentes concentrações e traçar um gráfico da evolução da tensão em relação a concentração do gás com uma determinada resistência R_L .

Como não é possível ter ambiente com concentrações conhecidas, apenas se testou para verificar que existe uma variação de tensão quando este está sujeito a um gás que se pretende identificar (como já foi mostrado atrás).

4.3.3 Calibração do MQ-7

Na calibração deste sensor seguiu-se o procedimento descrito no sensor anterior, no entanto não foi possível testar nem para a concentração padrão (100ppm) nem para o valor pretendido que o alarme dispare (150ppm). O valor não é o valor limite, pois o valor limite ronda a exposição num ambiente com 200ppm de CO durante 15 minutos e a dose letal para o ser humano será próximo de 1500ppm[15], no entanto a partir de 400ppm, a probabilidade do ser humano não resistir é elevada, provocando fortes dores de cabeça e possíveis desmaios, tonturas entre outros sintomas[2, 15-16].

No entanto conseguiu-se colocar o sensor num ambiente homogéneo de duas concentrações, uma de 320ppm e outra de 803ppm. Pode ver-se na Figura 30 o método para criar o meio homogéneo, o sensor é colocado debaixo de um recipiente que tem um tubo ligado por onde é enviado o monóxido de carbono.



Figura 30 – Recipiente para criar ambiente homogéneo e sensor



Figura 31 – Sensor debaixo do recipiente

A partir daí pode agora medir-se a tensão presente na saída do sensor. Tem-se então os valores obtidos para as duas concentrações na Tabela 2 que permitiu traçar o Gráfico 4.

Concentração de CO (ppm):	1	320	803
Tensão à saída do sensor (V):	1,61	2,4	2,87

Tabela 2 – Dados obtidos para o sensor de CO

No gráfico foi considerado mais um ponto (ponto em que não está sujeito a nenhuma concentração, ou seja no ar, que a concentração de CO ronda 1ppm, muito perto de zero), para ajudar a traçar a curva de tendência.

O ponto escolhido como limite foi 150ppm, pelo que andaré por volta dos 2V como se pode ver no gráfico. Será então esse valor com o qual se ajustará o circuito para que o alarme seja activado.

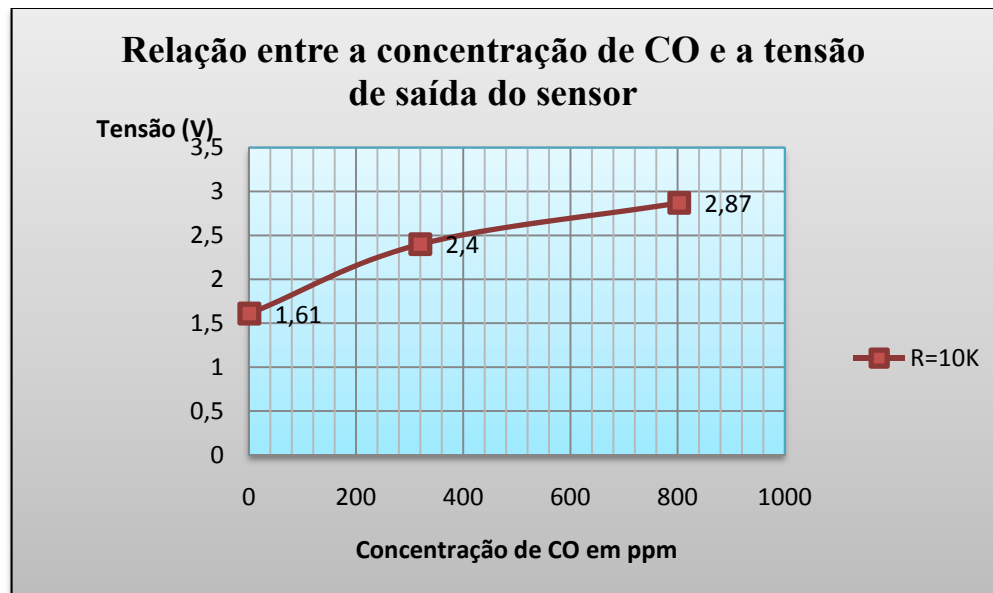


Gráfico 4 – Relação entre a concentração de CO e a tensão de saída do sensor

4.4. *Projecto de circuitos necessários ao sistema*

Neste tópico serão abordados todos os circuitos que foram construídos para o trabalho. De notar que todos os circuitos foram previamente montados e testados em placa branca à excepção do circuito da fonte de tensão que foi directamente construído na placa de circuito impresso (PCI), sendo obviamente simulada para verificar possíveis erros.

Tanto para o desenho dos circuitos como dos layouts foi utilizado o software EAGLE 5.9 da CADSOFT[17] na versão gratuita. Na versão gratuita este software impõe limites no tamanho da PCI. Sendo assim o trabalho foi dividido em partes que possam ser construídas, facilitado assim, também, a sua substituição em caso de erro ou defeito na construção da placa.

4.4.1 Circuito necessário para interacção e comunicação com o μC

Como se viu em capítulos anteriores, será usado o PIC16F877, com um cristal de 20MHz. Tem que se ter em conta todos os componentes que são necessários [18].

Olhando então para o circuito da Figura 32 tem-se o μC com o cristal de 20MHz com os

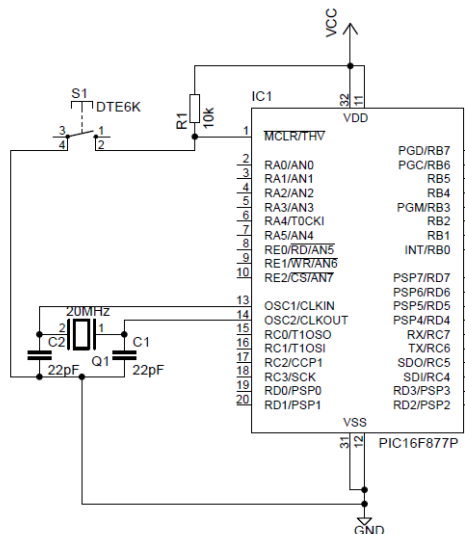


Figura 32 – Circuito inicial para teste do μC

vai colocar-se também um terminal para poder programar o μC sem ser necessário retirá-lo da placa.

Pode ver-se neste novo circuito da Figura 33 o aumento da complexidade. Primeiro porque foi necessário introduzir mais um CI (MAX232, na imagem IC2) para fazer a ligação para a comunicação RS232. Este CI vai permitir elevar a tensão do μC (5V) para a tensão da comunicação série (tipicamente 12V). Os condensadores à sua volta são utilizados para fazer essa mesma elevação de tensão[19]. E para terminar a comunicação serie, foi colocada uma

respectivos condensadores, para provocar a oscilação (valores dentro da gama aconselhada pelo fabricante [18]). Tem também um botão de pressão para fazer o reset ao μC quando for necessário. Com este circuito foi testado o funcionamento do μC . Para isso foi carregado para a memória FLASH do μC um programa simples contendo instruções que verificassem o funcionamento, como por exemplo o acender e apagar de um LED.

Tendo este circuito a funcionar, é necessário elaborá-lo um pouco mais, de modo que permita a comunicação série RS232, permita fazer a leitura do sensor de temperatura e CO receber os dados do keypad e enviar dados para o LCD. Para facilitar,

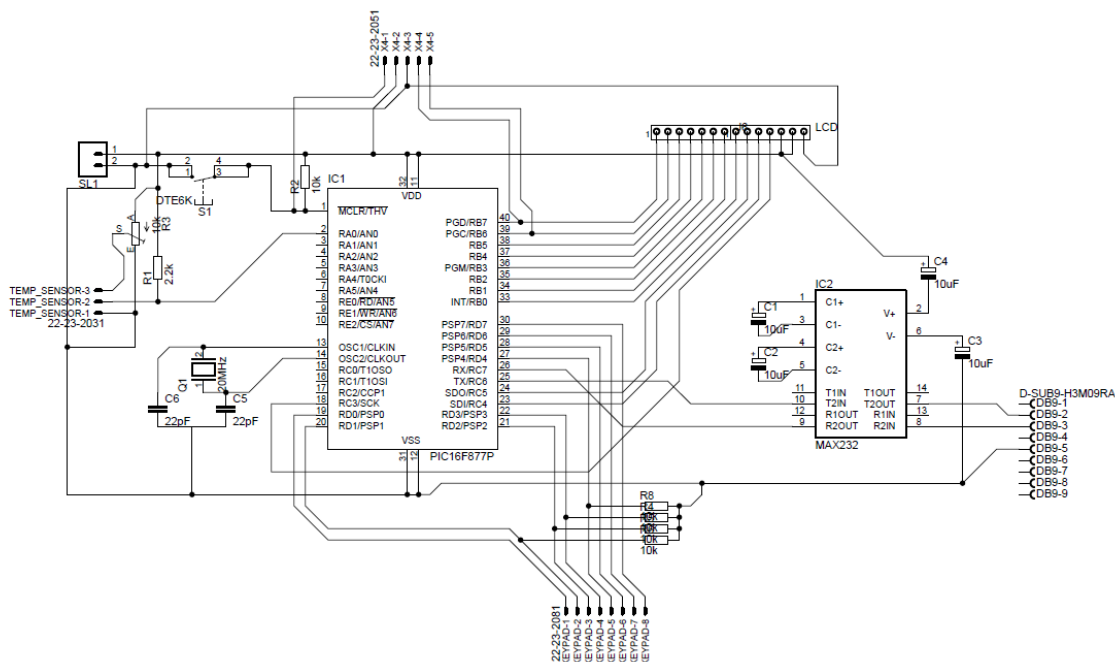


Figura 33 – Circuito da placa do μC com ligações para interface

porta de modo a que se possa fazer a ligação a um cabo (canto inferior direito).

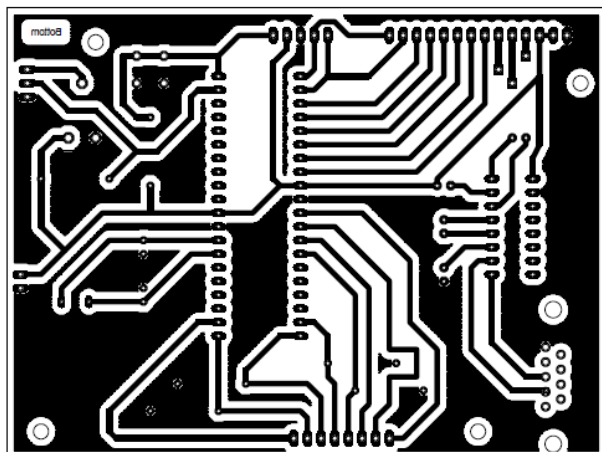


Figura 34 – Bottom layout

No circuito, em baixo, temos o terminal que permitirá obter os dados do keypad, sendo as resistências apenas para limitar a corrente que passará nos botões do teclado podendo evitar eventuais correntes indesejadas nos ports de entrada do μC . No canto superior direito temos a ligação para o LCD, por onde serão enviados os dados para mostrar ao utilizador. Ao centro na parte superior temos o terminal para poder programar o μC sem ser necessário retirá-lo. À esquerda temos a ligação da alimentação a este circuito e a ligação que vai permitir a conectividade do sensor de temperatura. Tem aí um potenciómetro que vai permitir a calibração, podendo ajustar o valor da temperatura desejada.

Foi também desenvolvido o layout para confecção do circuito impresso, que pode ver-se na Figura 34 e 35. Devido ao inúmero cruzamento entre linhas, foi necessária a utilização de dois layers (bottom e top).

Pode ver-se agora na Figura 36 a placa já construída e em funcionamento. Tem-se ao centro

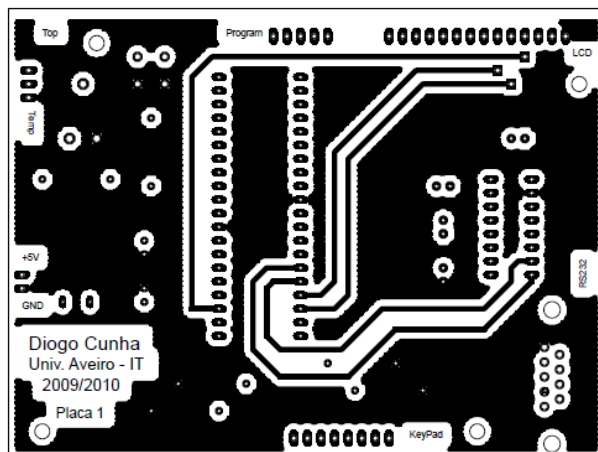


Figura 35 – Top layout

o μC , no canto superior direito a ligação para o LCD, no canto inferior direito a ligação para a comunicação série. À direita ao centro tem-se o CI MAX232, com os respectivos condensadores. Na parte superior sem nenhuma ligação pode ver-se a ligação para a programação do μC . À esquerda na parte superior temos a ligação ao sensor de temperatura e potenciómetro para fazer a calibração; tem-se também o botão de pressão para o reset do μC .

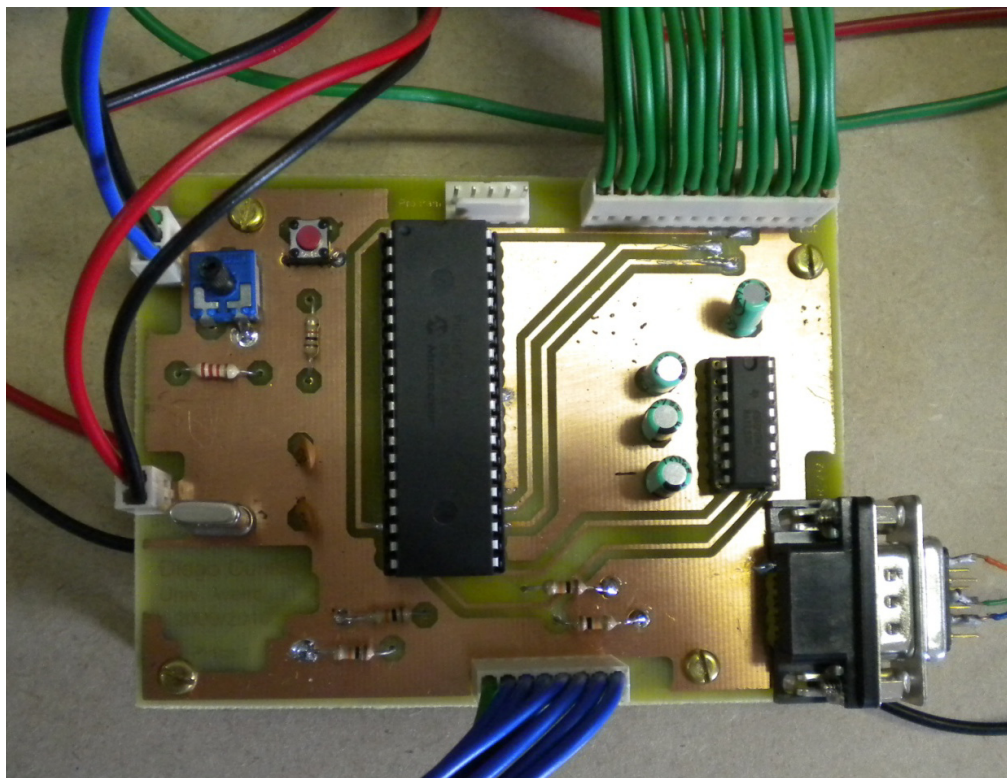


Figura 36 – Imagem da placa do μC

Ainda do lado esquerdo ao meio, tem-se a alimentação do circuito. Na parte inferior da placa tem a ligação para o keypad e as resistências que lhe são necessárias. Em tudo idêntico ao circuito mostrado mais atrás.

4.4.2 Circuito do teclado (keypad)

O circuito do teclado é um circuito simples, que apenas faz a ligação ao μC e possui quatro botões de pressão, que tem a função de activar um alarme de acordo com o botão premido.

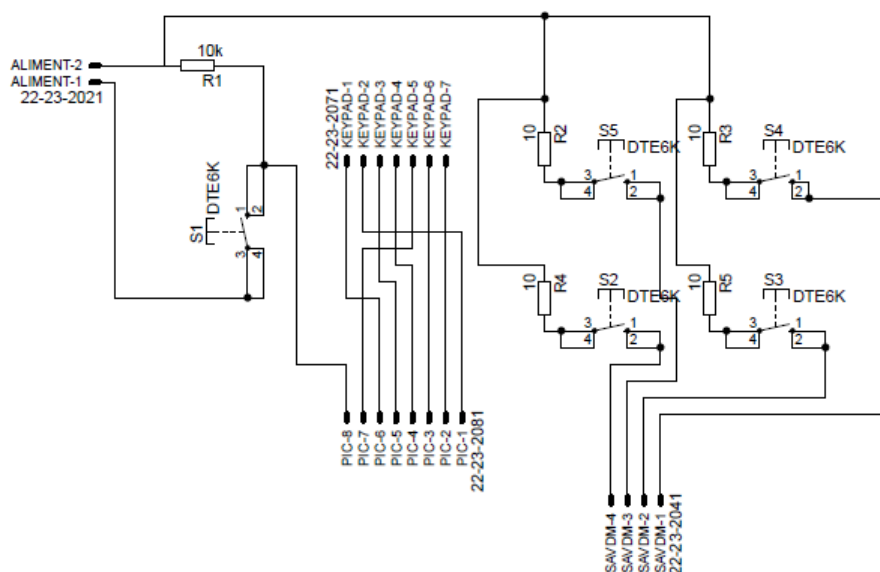


Figura 37 – Circuito da placa do keypad

Estes botões podem estar colocados aqui ao pé do teclado (numa fase de teste é mais conveniente e prático) ou então espalhados pela habitação estrategicamente colocados para

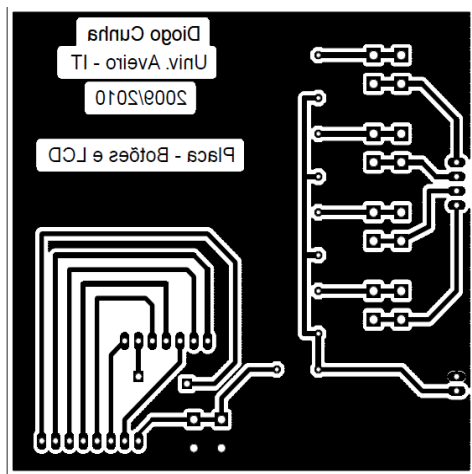


Figura 38 – Layout do keypad

serem activados no caso de alguma emergência ou para efectuar alguma chamada telefónica para um número pré-definido. Esses botões são directamente ligados às entradas do *SAVDM*, tendo uma resistência para limitar a corrente, no entanto baixa de modo que a tensão não desça muito abaixo dos 5V, por motivos já mencionados anteriormente no ponto 1 deste capítulo. Há ainda um quinto botão, que serve para o utilizador iniciar a desactivação ou activação do *SAVDM* (S1 no circuito). Este botão é conveniente, como é óbvio, que se localize junto ao keypad.

Na Figura 38 pode ver-se o layout do circuito impresso do teclado. Está configurado para ser impresso no layer inferior pelo que tem as letras ao contrário.

Na Figura 39 mostra-se a placa já montada e em funcionamento, onde se tem uma melhor percepção do teclado numérico e dos botões que despoletam alarmes de emergência. Esses botões estão à direita de cor vermelha e todos alinhados, enquanto o botão para iniciar a activação/desactivação do *SAVDM* se encontra por baixo do teclado numérico a preto. Do lado direito tem-se ainda a saída dos quatro fios para o *SAVDM* e os dois fios da alimentação mais a baixo. No canto inferior esquerdo tem a ligação do envio de números para o μC .

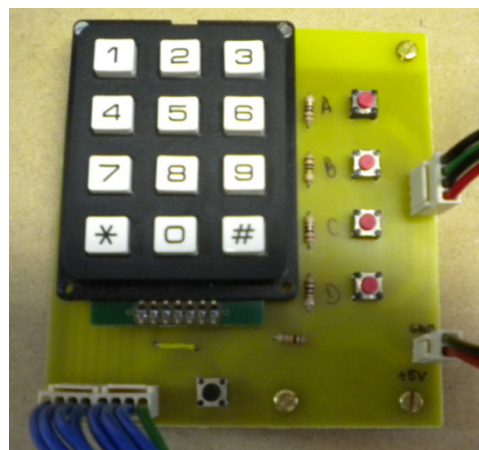


Figura 39 – Imagem do keypad montado e em funcionamento

Os botões têm diferentes letras para diferenciar o tipo de alarme. No caso por exemplo do utilizador ser idoso pode pôr-se por exemplo diferentes cores nos botões, ou no caso de pessoas invisuais por botões com diferentes texturas. Isto de maneira a que o utilizador conseguisse memorizar facilmente sem ter que pensar para poder utilizar. Podia-se depois estudar o melhor caminho para facilitar a utilização do sistema.

O keypad possui 7 ligações (4 linhas x 3 colunas), onde a combinação de duas ligações dá um número. Pode ver-se na seguinte tabela.

	X ₁	X ₂	X ₃
Y ₁	1	2	3
Y ₂	4	5	6
Y ₃	7	8	9
Y ₄	*	0	#

Tabela 3 – Matriz das linhas do keypad

4.4.3 Circuito do LCD

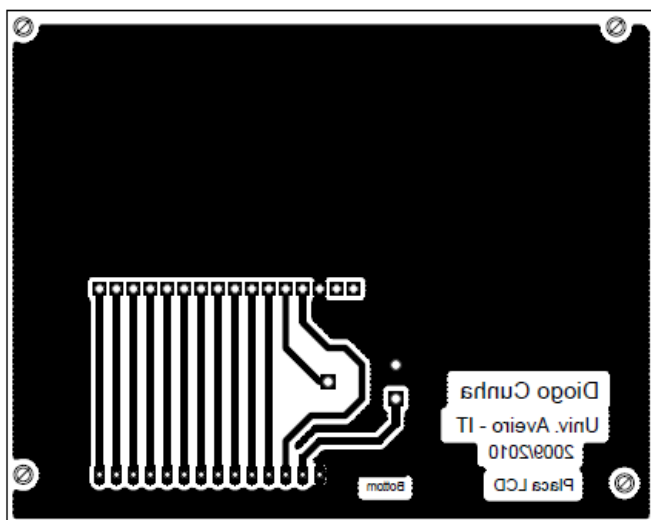


Figura 40 – Layout da placa de circuito impresso do LCD



Figura 41 – LCD montado e em funcionamento

No que toca ao LCD não se vai apresentar um circuito concreto, pois foi desenhado directamente o layout sem desenhar um circuito. Isto porque é muito simples e como só é necessário fazer a ligação directa entre os pinos do LCD e a porta de saída/entrada, não há necessidade de um circuito. Pode ver-se então na Figura 40 o layout da placa de circuito impresso. Está configurada para o layer inferior (bottom), motivo pelo que se vêem as letras ao contrário. Nesta placa introduziu-se também um potenciômetro que vai fazer a regulação do contraste no display do LCD. A parte superior onde não se vê nenhuma ligação será para fixar o LCD, como se pode ver na Figura 41 onde já está o LCD montado e em funcionamento e onde se pode ver também o referido potenciômetro.

4.4.4 Circuito para os sensores

Neste ponto vai falar-se dos circuitos que auxiliam o funcionamento dos sensores e também o ponto em que estes vão activar o alarme.

No caso do sensor de temperatura e por ser um caso bastante simples o circuito necessário foi introduzido na placa do μC como já foi dito, foi colocada a resistência que limitaria a corrente e o potenciómetro que faria a calibração deste.

Em relação aos outros dois sensores optou-se por fazer uma placa separadamente devido ao circuito mais complexo.

Começando pelo MQ-2 que tem o circuito mais simples, pois apenas necessita de um comparador de nível para fazer despoletar o alarme. A resistência R_L necessária é introduzida



na pequena placa que dá suporte ao sensor, já aqui falada no capítulo 3, ponto 3 e que se pode ver na Figura 42. Como não foi possível calibrar o sensor, optou-se por pôr o alarme a ser activado quando a saída do sensor tivesse uma tensão de 2,5V, metade da gama de tensão de sinal. Foi então projectado um comparador de nível com uma tensão de referência de 2,5V (Figura 43). Com este circuito a saída do opamp é positiva quando $V_i > V_{REF}$ e zero quando $V_i < V_{REF}$ [20-21], sendo V_i a

Figura 42 – Pololu sensor carrier tensão à saída do sensor e V_{REF} a tensão à qual se pretende que o sensor dispare o alarme. V_{REF} pode ser facilmente obtido com um divisor resistivo como mostra a Figura 43, tendo como VCC 5V, V_{REF} será:

$$V_{REF} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (6)$$

Como se quer que $V_{REF}=2,5V$, então $R_1=R_2$, pelo que se escolheu $1k\Omega$ por ser uma resistência comum e aplicável nesta situação.

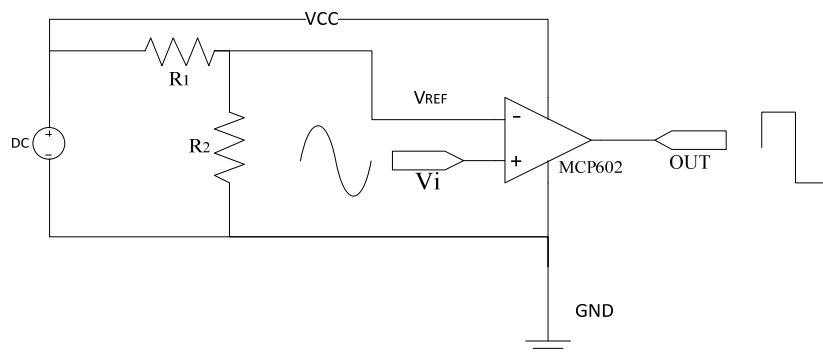


Figura 43 – Circuito do comparador de nível para o MQ-2

O opamp escolhido foi um opamp rail-to-rail (MCP602)[22] para que possa ser enviado um sinal muito próximo de 5V quando activo e muito próximo de 0V quando não activo, de

maneira que o *SAVDM* (no caso do MQ-2 e o μC no caso do MQ-7) não interprete como sinal.

Passando agora a estudar o MQ-7, que requer mais atenção visto que não é de tão fácil utilização como o MQ-2. Primeiro porque necessita de um sinal de aquecimento (V_H) com um determinado intervalo de tempo e depois porque esse mesmo sinal não é nas tensões limite (apenas o sinal inferior que é a 1,5V, pois o superior pode ser a 5V).

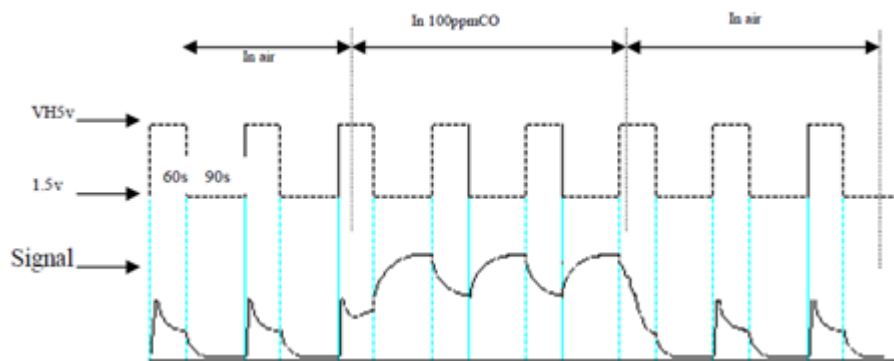


Figura 44 – Sinal de aquecimento e sinal de saída desejados do MQ-7

Começando pelo sinal que é necessário gerar de maneira que esteja activo (high) durante 60 segundos e desactivo (low) durante 90 segundos, pensou-se logo à partida num multibibrador astável. Este multibibrador pode ter vários tipos de construções, a mais simples com dois transístores (Figura 45), com um opamp (Figura 46) ou então com a

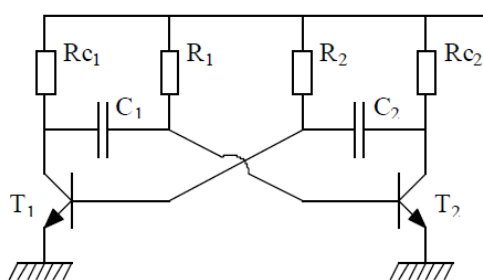


Figura 45 – Multibibrador astável com transístores

ajuda do CI

555 (Figura 47).

Começou-se pela mais simples, mas rapidamente se chegou a conclusão que a mais viável e que daria menos problemas seria a construção com o CI 555. Isto porque devido ao longo período que se necessita (150 segundos ou 2

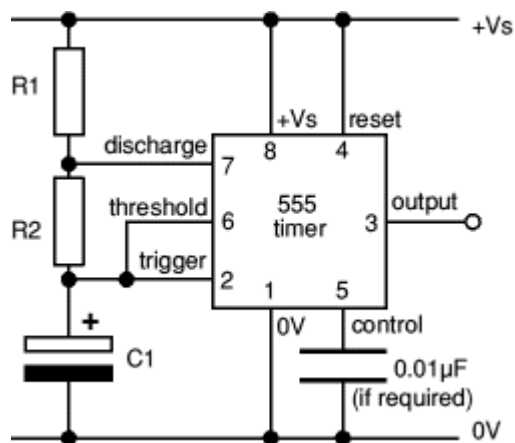


Figura 47 – Circuito do multibibrador astável com o CI 555 retirado de [25]

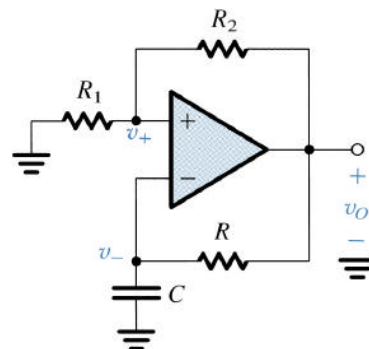


Figura 46 – Multibibrador astável com opamp

minutos e meio), tanto o circuito com transístores como o de opamp necessitam de condensadores com uma capacidade relativamente grande[20-21, 23]. Pelo que se passou então para o CI 555[24], podendo construir o desejado sem ser necessário o uso de condensadores de grande capacidade.

Um circuito astável produz uma "onda

quadrada", esta é uma forma de onda digital com transições nítidas entre o nível baixo ou em inglês "low" (0V) e alto ou "high"(Vs). Note-se que as durações dos estados de "low" e "high" podem ser diferentes. O circuito é chamado de astável porque não é estável em nenhum dos estados, a saída está em constante mudança entre "low" e "high".

O período de tempo (T) da onda quadrada é o tempo para um ciclo completo, mas geralmente é melhor considerar frequência (f) (neste caso não tem grande importância), que é o número de ciclos por segundo.

$$T = 0,693 \times (R_1 + 2R_2) \times C_1 \text{ s} \quad (7)$$

$$f = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) \times C_1} \text{ Hz} \quad (8)$$

O período pode ser dividido em duas partes: $T = T_s + T_m$

Saída High: $T_m = 0,693 \times (R_1 + R_2) \times C_1$

Saída Low: $T_s = 0,693 \times R_2 \times C_1$

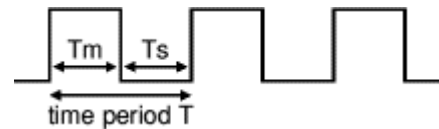


Figura 48 – Período do astável

Se se desejar que T_m e T_s sejam aproximadamente iguais, pode ser alcançado se R_2 for muito maior que R_1 .

Para um circuito astável padrão, T_m não pode ser inferior a T_s (que é o desejado neste trabalho), mas isso não é muito restritivo, pois pode adicionar-se um diodo ao circuito como mostrado mais a baixo na Figura 49, tendo assim:

$$T_m = 0,693 \times R_1 \times C_1 \quad (9)$$

(ignorando os 0,7V da entrada em funcionamento do diodo[25])

$$T_s = 0,693 \times R_2 \times C_1 \quad (10)$$

(fica inalterado)

Está-se em condições neste momento de fazer os cálculos para o circuito, pois já se sabe qual o circuito que é necessário para produzir o que se pretende para o sensor.

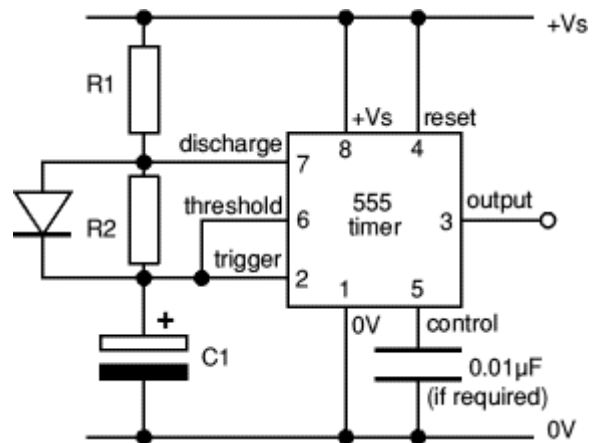


Figura 49 – Circuito do multibibrador astável com o CI 555 para $T_m < T_s$, retirado de [25]

Como se necessita de um circuito que esteja High durante 60 segundos e Low durante 90 segundos, temos então da equação (9) e (10):

$$\begin{cases} 60 = 0,693 \times R_1 \times C_1 \\ 90 = 0,693 \times R_2 \times C_1 \end{cases}, \text{ como não se pretende um condensador de elevada capacidade,}$$

optou-se por um C_1 de $100\mu\text{F}$ pelo que:

$$\begin{cases} 60 = 0,693 \times R_1 \times 100 \times 10^{-6} \\ 90 = 0,693 \times R_2 \times 100 \times 10^{-6} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R_1 = \frac{60}{0,693 \times 100 \times 10^{-6}} \\ R_2 = \frac{90}{0,693 \times 100 \times 10^{-6}} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R_1 = 865,8 \times 10^3 \Omega \\ R_2 = 1,298 \times 10^6 \Omega \end{cases}$$

As resistências adoptadas foram então R_1 $680\text{k}\Omega$ e R_2 $1,2\text{M}\Omega$. A diferença em R_1 tem a ver com a introdução do diodo e que não foi tido em conta a sua tensão de condução. Simulou-se o circuito com as resistências escolhidas, e obteve-se o seguinte gráfico:

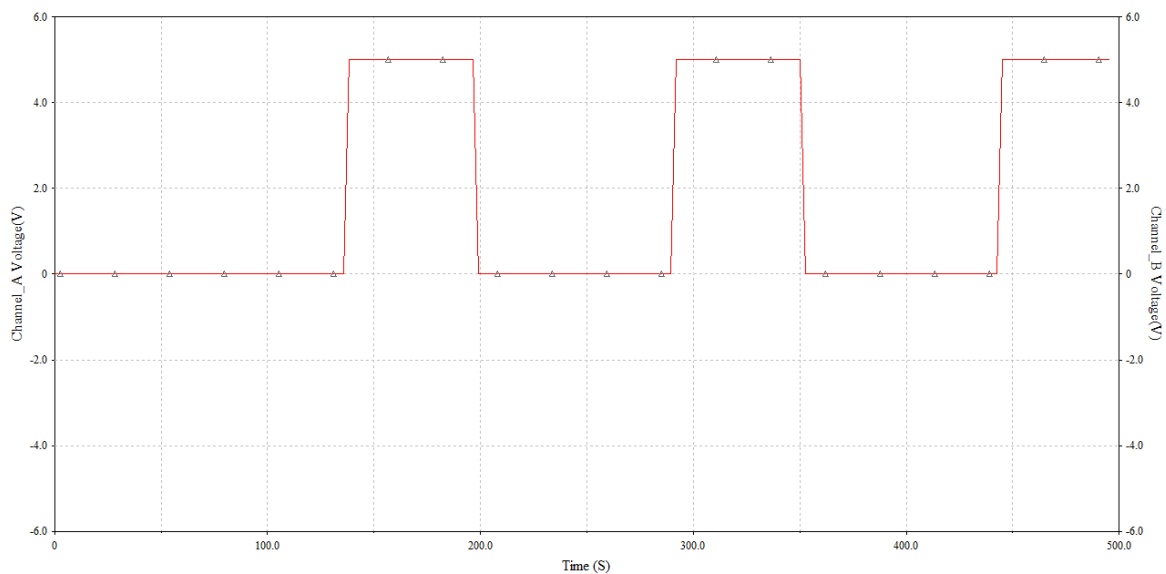


Gráfico 5 – Sinal de saída do CI 555 com as resistências escolhidas

Com este gráfico obteve-se então para o tempo “Low” 92,8938 segundos e para “High” 60,3096 segundos, muito próximo do que se queria. Este valor sofreu alterações (como era de esperar) quando se passou à construção do circuito, pois como há uma dependência relativamente grande do valor das resistências, qualquer que seja a mínima variação destas, irá trazer variações significativas. No entanto o valor que se conseguiu para “High” foi de 56 segundos e para Low foi de 84 segundos. Esta variação não é no entanto muito problemática, pois apenas se necessita desta variação para o sinal de aquecimento (V_H), não vai haver diferença se tiver menos uns segundos em ambas as transições.

Resolvido este problema, tem-se agora que fazer variar o sinal entre 5V e 1,5V e não entre 5 e 0V. Para isso pensou-se em usar o circuito da Figura 50. Este circuito vai permitir colocar no sensor uma queda de tensão de 5V ou de 1,5V. O transistor para esta aplicação pode ser simples, pelo que foi escolhido o BC547. Tem $V_{BEsat} = 0.7\text{V}$, $V_{CEsat} = 0.2\text{V}$, $I_B \approx 1\text{mA}$ (quando transistor em condução). Estas características são importantes para os cálculos que se efectuarão daqui para a frente. A resistência R_1 vai permitir que passe uma corrente

necessária ao funcionamento do transístor, e este entrará em condução quando a onda quadrada saída do circuito anterior está a “High” ou 5V.

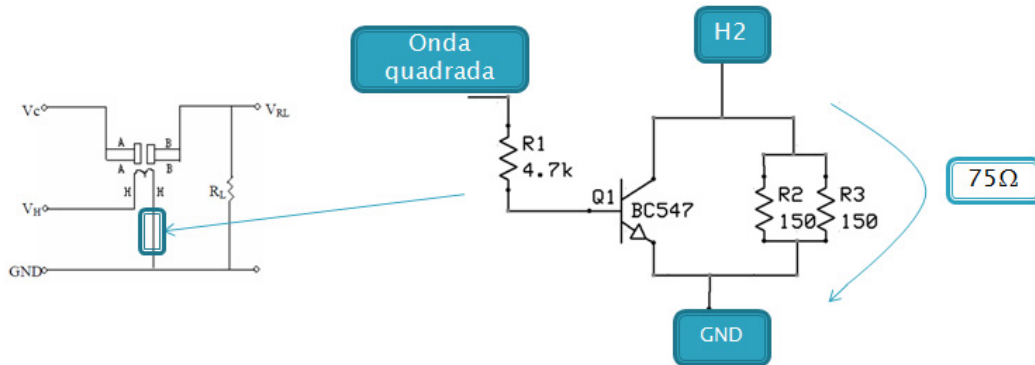


Figura 50 – Circuito adicionado ao esquema inicial do MQ-7

Passando então para o cálculo dos componentes, como a onda quadrada que alimenta a base do transístor tem no máximo 5V, então:

$$R_1 = \frac{5 - V_{BE}}{I_B} \quad (11)$$

$$R_1 = \frac{(5 - 0,7)}{1 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow R_1 = 4,3 \times 10^3 [\Omega]$$

(valor comercial adoptado 4.7kΩ)

Quer-se agora que em H2 tenha uma tensão de 3,5V, para que haja uma queda de tensão de 1,5V no sensor, que este por sua vez é alimentado em V_H por 5V (V_{CC}) e tem uma resistência interna de $31\Omega \pm 3\Omega$ então:

$$I_H = \frac{V_{CC} - 3,5}{R_{sensor}} \quad (12)$$

$$I_H = 48mA$$

A resistência a colocar em paralelo com o transístor é então:

$$R_{2,3} = \frac{3,5}{48 \times 10^{-3}} = 72,9\Omega$$

Para chegar a uma resistência próxima da pretendida optou-se por colocar duas de 150Ω em paralelo como mostra a Figura 50.

Passando agora aos cálculos, quando a onda quadrada está a 0V o transístor corta passando a corrente pelas resistências, logo:

$$I_H = \frac{V_{CC} - 0}{R_{sensor} + (R_2 // R_3)} \quad (13)$$

$$I_H = \frac{5-0}{31+75} = 47,2mA$$

$$V_{H2} = (R_2 // R_3) \times I_H = 75 \times 47,2 \times 10^{-3} = 3,53V$$

Fica-se então com 3,53V em H2, logo a queda de tensão no sensor é de 1,47V que é muito próximo dos 1,5V pretendidos. Tendo agora a onda quadrada a 5V, o transístor entra em saturação, sendo a tensão de V_{CE} aproximadamente 0,2V, pelo que a queda de tensão no sensor é agora de 4,8V, próximo também do pretendido.

Com estes cálculos finaliza-se os circuitos adicionais do MQ7, passando agora a parte em que se projecta o circuito que vai fazer despoletar o alarme. Ao contrário do MQ-2, para este sensor possui-se alguns dados, que embora para uma aplicação comercial não sejam suficientes, para testes dá-nos as indicações necessárias.

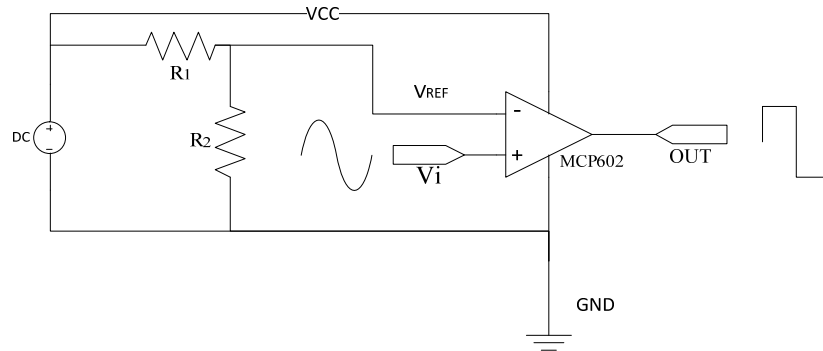


Figura 51 – Circuito do comparador de nível para o MQ-7

Pode utilizar-se a mesma figura que se usou para o MQ-2, pois o princípio de funcionamento é igual, apenas muda o valor da tensão de referência (V_{REF}).

Como já foi dito no ponto 3.3 deste capítulo, para uma concentração de 150ppm tem-se uma saída no sensor de 2V, pelo que a tensão de referência será de 2V.

Tem-se então:

$$V_{REF} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (14)$$

$$2 = 5 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \Leftrightarrow 2R_1 + 2R_2 = 5R_2 \Leftrightarrow R_2 = \frac{3}{2} R_1$$

Escolheu-se então $R_1=1k\Omega$ e $R_2=1,5k\Omega$.

Fica-se então com os circuitos projectados para os sensores. Pode ver-se na Figura 52 o circuito completo para os dois sensores, que tem a ligação para os dois sensores em baixo, à direita o de CO e à esquerda o de gases inflamáveis. Do lado direito estão as saídas que vão ligar ao *SAVDM* no caso do MQ-2 e para ligar ao μC no caso do MQ-7. Mais à esquerda está a alimentação ao circuito e que servirá também de alimentação aos sensores.

Foi construída também uma placa de circuito impresso e que se apresenta na Figura 53 os respectivos layouts. À direita tem-se o layout superior e à esquerda o inferior.

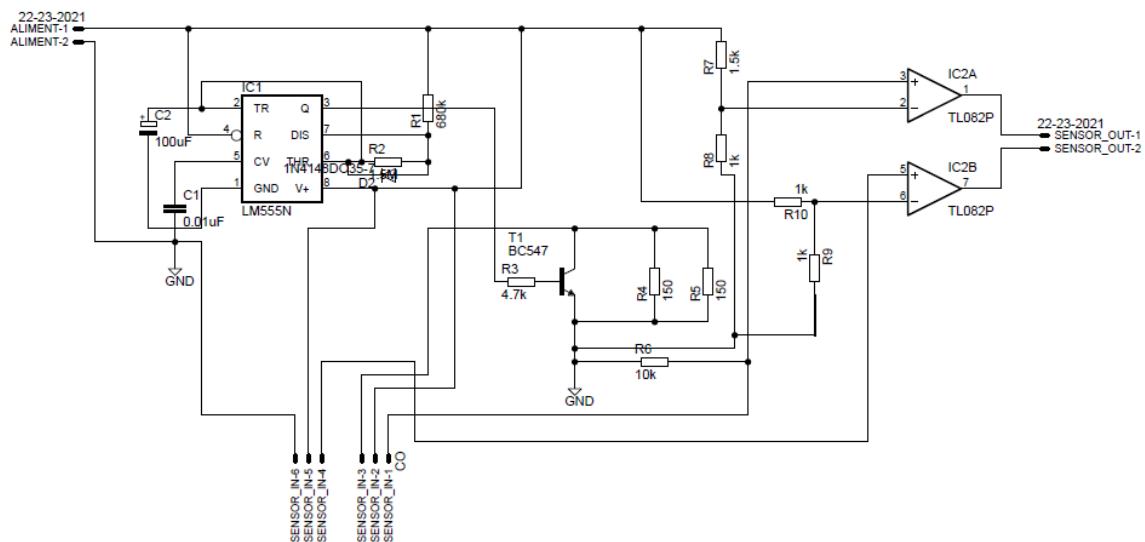


Figura 52 – Circuito completo dos sensores

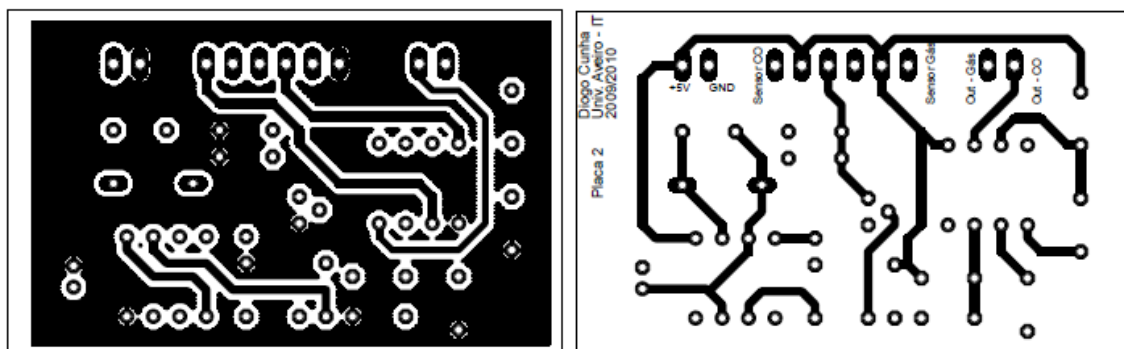


Figura 53 – Layouts da placa de circuito impresso dos sensores

Ainda referente ao circuito dos sensores, pode ver-se na Figura 54 o circuito já montado e em funcionamento.

Algumas das ligações como foram já projectadas depois da placa estar construída e como não houve necessidade de reconstruir, foram feitas pela parte inferior da placa, como se pode ver na imagem. À esquerda sem ligações e à direita com todas as ligações.

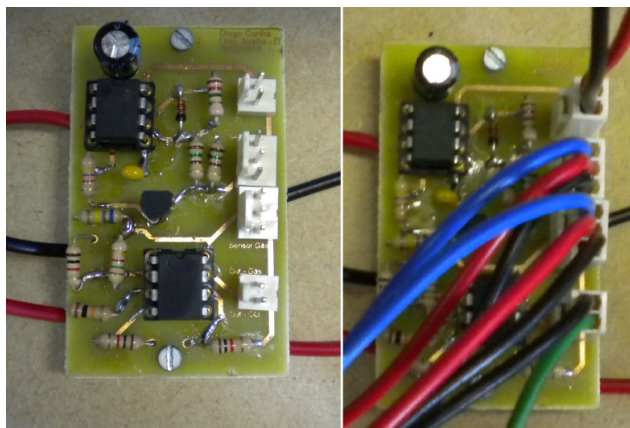


Figura 54 – Placa de sensores montada e em funcionamento

4.5. Fonte de alimentação

A fonte de alimentação foi o último bloco a ser projectado, pois era necessário saber qual a corrente e tensão necessárias ao sistema completo. Depois de todos os componentes montados, verificou-se que a corrente máxima para todo o circuito seria de aproximadamente 350mA. Esta corrente foi obtida através das fontes de alimentação de laboratório, que nos dão a informação da corrente que está a ser consumida no momento. O que se conseguiu apurar foi entre 50 a 60mA para o *SAVDM* a 12V e à volta de 290, 300mA para todo o restante circuito (sensores, μ C, LCD, etc.) a 5V.

Tendo então estas informações partiu-se para o desenvolvimento da fonte de alimentação. Em primeiro lugar teve que se pensar com obter as duas tensões (5V e 12V). Encontraram-se várias soluções para este efeito, no entanto nenhuma delas era muito viável, pois teria sempre alguma contrapartida que a faria ser excluída ou não muito desejada devido ao custo mais elevado ou outro factor. A primeira solução, e talvez a mais óbvia, foi a utilização de um transformador para cada tensão, isto é, escolher um transformador que se adequasse a 5V e escolher outro que se adequasse a 12V, no entanto isso implicaria não uma, mas duas fontes de alimentação diferentes, o que seria algo dispendioso. Esta é no entanto uma solução, que se não houver alternativa, é possível executá-la.

Esquecendo então as duas fontes, a intenção é usar apenas um transformador, mas que a partir daí se consiga extrair duas tensões. A partir deste novo objectivo pensou-se na seguinte forma, projecta-se a fonte para 12V e já depois de ter os 12V retira-se os 5V, ficando assim com as duas tensões e só um transformador (pode ver-se um exemplo simplificado na Figura 55).

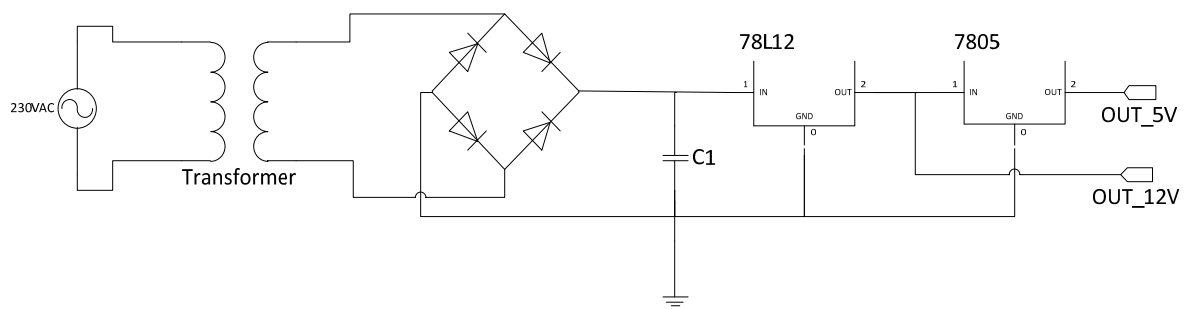


Figura 55 – Circuito simples da fonte de alimentação pensada

Com esta solução conseguiu-se o pretendido, no entanto quando se procedeu a montagem verificou-se o aquecimento de ambos os reguladores, pois a corrente que era necessária ao circuito teria que passar por ambos os reguladores, fazendo com que necessitassem de dissipadores. Tentou-se então encontrar outra solução que evitasse a passagem da corrente pelos dois reguladores, pois está-se a forçar no regulador de 12V à passagem de toda a corrente necessária ao sistema, quando na realidade só seria necessário a corrente necessária ao *SAVDM*, pois a tensão de 12V não é utilizada em mais nenhuma parte no sistema.

Partiu-se então para a procura de outra solução. Outra solução encontrada foi a utilização de um transformador com ponto intermédio e extrair daí as duas tensões, como se pode ver no esquema simples da Figura 56.

Com este circuito pode ter-se as duas tensões, sem ser necessário que toda a corrente passe pelo regulador de 12V. Embora houvesse um aumento significativo de componentes, haveria uma salvaguarda de componentes mais valiosos, visto ser um sistema para estar ligado 24 sobre 24 horas.

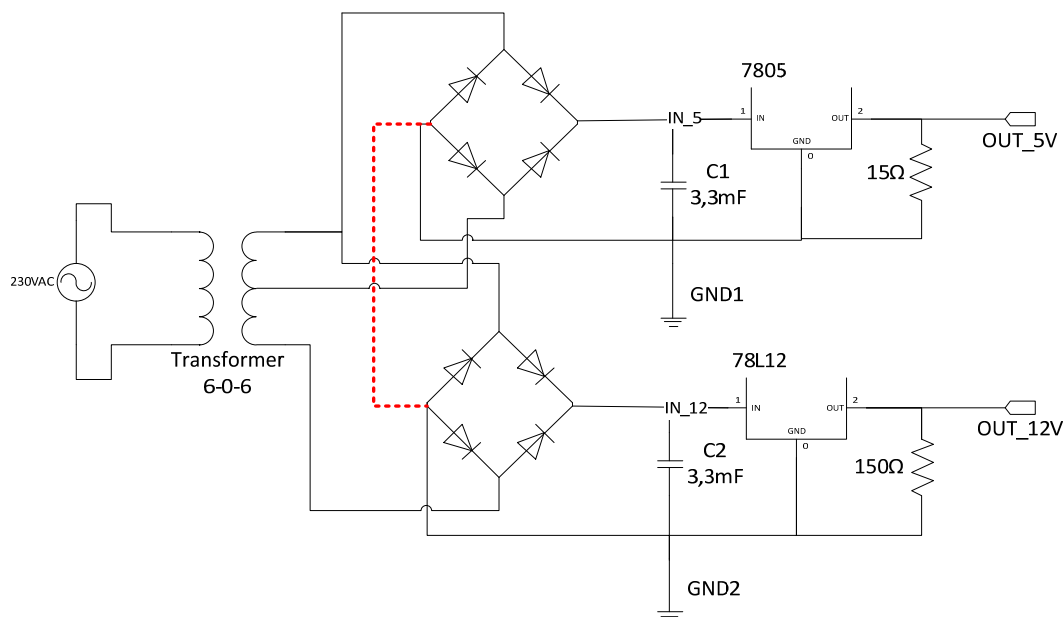


Figura 56 – Circuito que permite duas tensões sem ser necessária a passagem pelos dois reguladores. A linha a tracejado é fictícia, apenas serve para mostrar a junção das duas massas

Surge no entanto outro problema, neste circuito o ponto comum, ou massa, é diferente para as duas tensões, isto é, embora a queda de tensão seja a que se pretende aos terminais, se juntarmos as massas (que supõe-se que seja sempre a mesma, no circuito da Figura 56, está marcado pelo tracejado vermelho) o circuito toma outra configuração.

Colocando o osciloscópio em IN_5 e em IN_12 da Figura 56, pode ver-se que a tensão alterou em IN_5, quando feita a ligação a tracejado (Gráfico 7). No entanto na saída manteve-se igual (não mostrado), devido ao regulador.

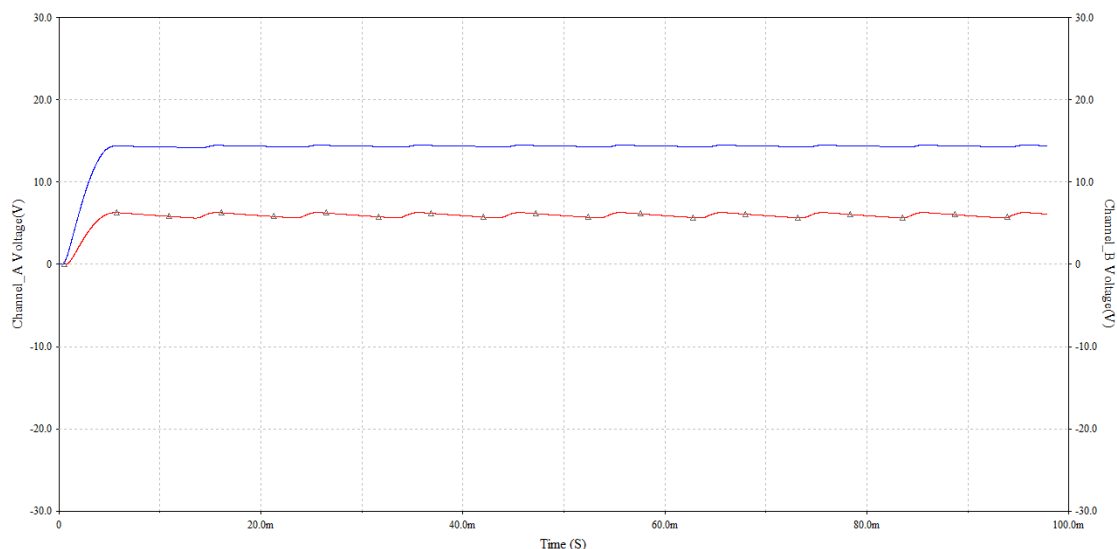


Gráfico 6 – Gráfico da tensão em IN_5 (a vermelho com triângulos) e IN_12 (a azul) sem massas ligadas

Embora este circuito funcione, pois como tem os reguladores, as saídas vão ser as pretendidas, a tensão à entrada do regulador de 5V não vai ser a prevista nos cálculos, sendo

relativamente mais elevada. Embora no datasheet do regulador esteja prevista essa tensão na gama de funcionamento, não é uma boa prática deixar o circuito nestes moldes. Podia-se deixar no entanto com massas diferentes, mas não se sabe até que ponto estas não estarão ligadas até mesmo dentro do *SAVDM* ligada depois à porta serie RS232 que faz a ligação com o μC . Seria mais um caso a ter em conta.

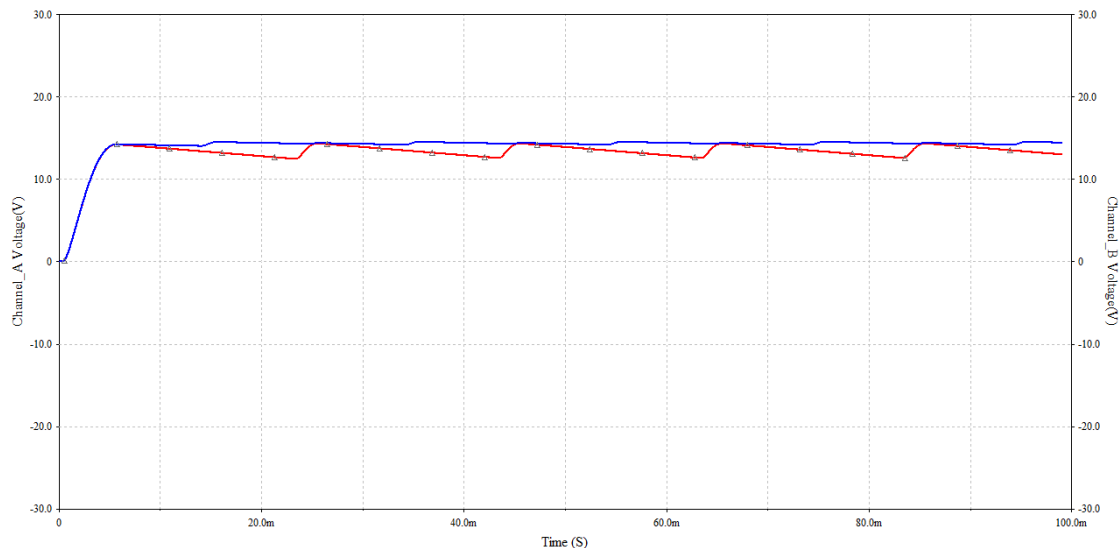


Gráfico 7 – Tensão à entrada dos reguladores com a mesma massa

Mais uma vez se partiu à procura de outra solução que viabilizasse o pretendido. A solução encontrada foi a utilização de um dobrador de tensão para os 12V[23, 26]. Utilizando um transformador de $6V_{RMS}$, com um dobrador de tensão, facilmente se chega aos 12V pretendidos. Este método remete-nos para outro problema, pois não é possível a utilização de grandes quantidades de corrente com condensadores relativamente baratos e pequenos. No entanto isso não é preocupação para o trabalho, pois como os 12V são apenas para o *SAVDM* e este consome aproximadamente 50mA, consegue-se assim chegar a valores bastante favoráveis.

Depois de simular o circuito, verificou-se que este cumpria todos os requisitos necessários. Pode ver-se na Figura 57 o circuito simulado.

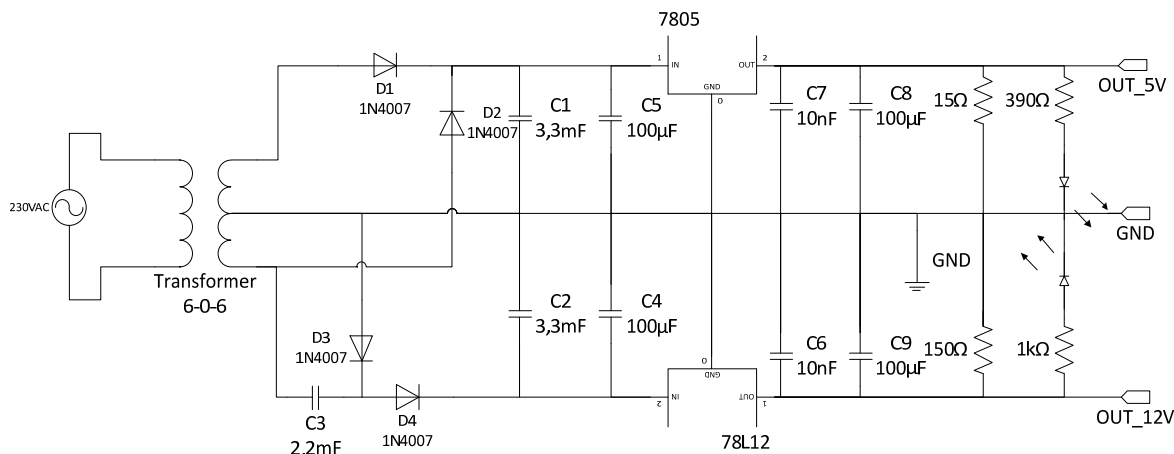


Figura 57 – Circuito da simulação da fonte de alimentação

As resistências colocadas no fim do circuito servem para simular os dispositivos que estarão para a frente de cada tensão. Essas resistências estão colocadas de forma a simular o máximo que o circuito pode fornecer (aproximadamente 330mA para os 5V e 80mA para os 12V). Com essas resistências obteve-se o Gráfico 8, que como se pode ver a tensão de 12V não é totalmente estável havendo um ripple de 0,27V, o que não é significativo. Na tensão de 5V não se verifica nenhum ripple, no entanto se descermos a resistência de 15Ω em 1Ω, verifica-se um pequeno ripple de 0,1V.

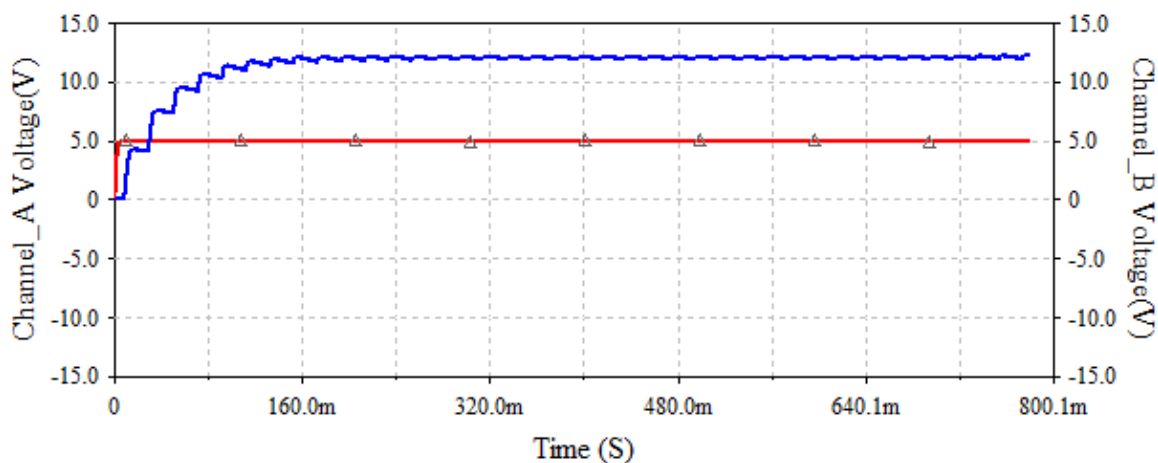


Gráfico 8 – Gráfico da saída das tensões da fonte de alimentação com máxima corrente

Simulando agora para as correntes pretendidas verifica-se estabilidade nas duas tensões, havendo até um ripple de 0,2V na tensão de 12V, mas acima de 12V, chegando aos 12,2V como se pode ver no Gráfico 9.

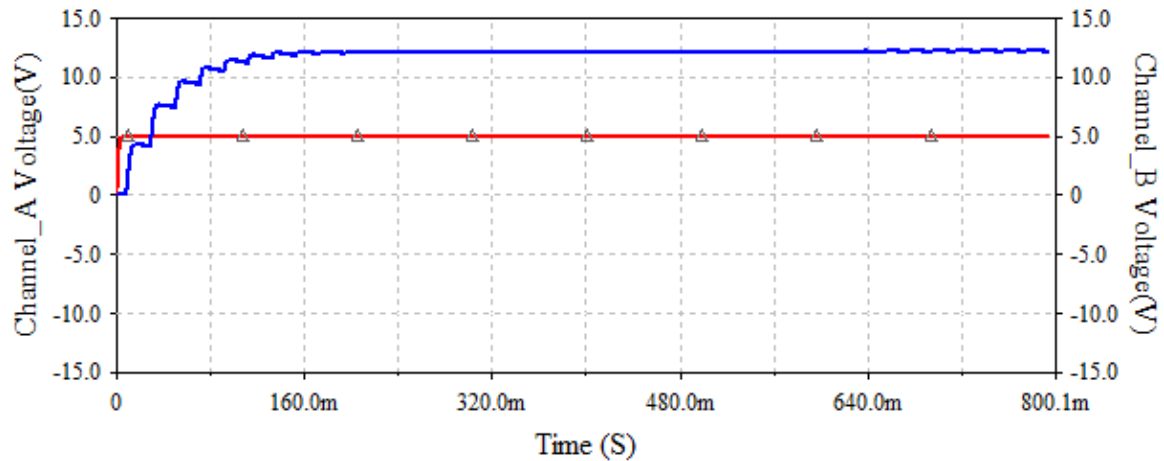


Gráfico 9 – Gráfico da saída das tensões da fonte de alimentação com a corrente esperada

Verificou-se depois na prática que as tensões eram estáveis em ambos os casos, na de 5V estável em 5V e na de 12V em 12,1V. O que é perfeito para a aplicação.

No final de tudo a potência máxima consumida é:

$$P_{Total} = P_{5V} + P_{12V} \quad (15)$$

$$P_{5V} = V \times I = 5 \times 320 = 1600mW = 1,6W$$

$$P_{12V} = V \times I = 12 \times 80 = 960mW = 0,96W$$

$$P_{Total} = 1,6 + 0,96 = 2,56W$$

Com isto passou-se então ao desenho e construção da placa de circuito impresso onde se pode ver na Figura 58 o esquema utilizado. Como se pode ver, as resistências foram retiradas, pois serviam apenas para simular a corrente que o restante circuito consumiria.

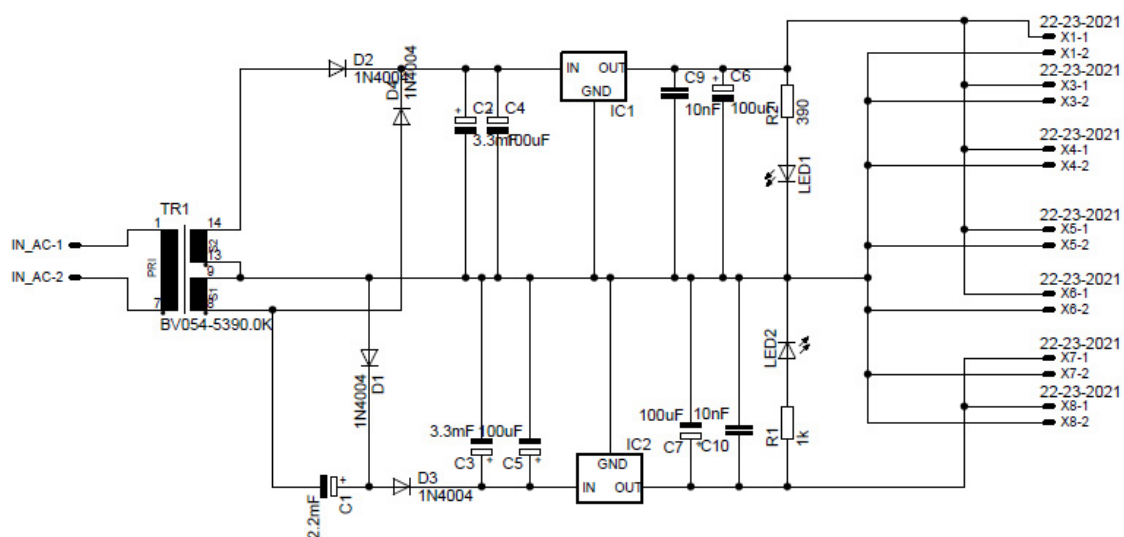


Figura 58 – Circuito da Placa de circuito impresso da fonte de alimentação

Os condensadores C4,C5,C9 e C10 que se vêem a mais, servem para a estabilização do regulador, sendo que o C7 e C6 ajudam a absorver os picos de maior tensão que se produzam a seguir ao regulador.

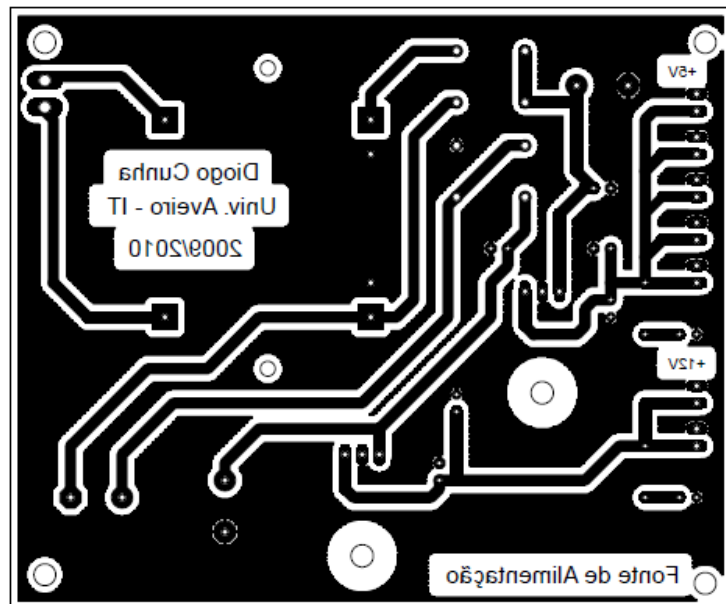


Figura 59 – Desenho da placa de circuito impresso da fonte de alimentação

Na Figura 59 pode ver-se o desenho da placa de circuito impresso do layer inferior. Foram colocadas cinco saídas de 5V e duas de 12V.

Pode ver-se na Figura 60 a placa já montada e em funcionamento como demonstram os LEDs verdes do lado direito da imagem.

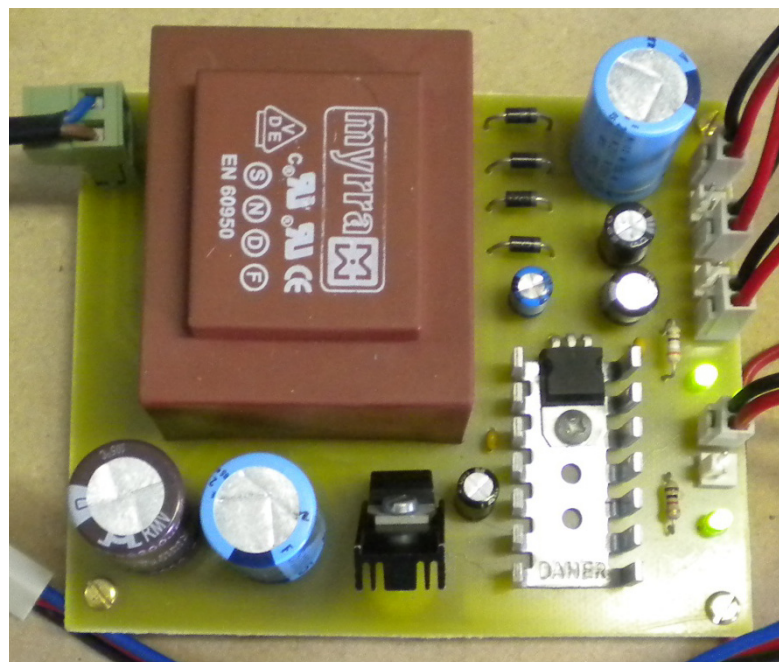


Figura 60 – Imagem da fonte de alimentação montada e em funcionamento

O transformador usado foi um transformador MYRRA⁷ com tensão de primário a 230V e no secundário com dois enrolamentos de 6V (6-0-6). Todos estes valores são RMS, pelo que se terá à saída então $6 \times \sqrt{2} = 8,49 \text{ V}$. A queda de tensão nos díodos 1N4007 ronda o 1V, que fica então à entrada do regulador 7,5V. O regulador precisa de uma tensão de pelo menos 7V para o seu correcto funcionamento, razão pela qual foi escolhido este transformador. Na tensão de 12V tem-se algo parecido, tem-se 8,49V à saída do transformador, no entanto agora a passagem é feita por dois díodos, um primeiro que faz descer para 7,49V, após isso a tensão é dobrada, ficasse então com aproximadamente 15V e passa por outro díodo, que fica à entrada do regulador com 14V, o que também é suficiente para o seu funcionamento.

4.6. *Desenvolvimento do código do μC*

Neste ponto vai mostrar-se a estrutura do código que se utilizou para programar o μC . Não vai mostrar-se contudo o código desenvolvido, para isso pode consultar-se o apêndice B onde estará grande parte do código desenvolvido. Este ponto tem mais o intuito de mostrar o que foi necessário para o sistema e como se foi resolvendo mediante os desafios encontrados. Todo o código foi desenvolvido em linguagem C.

A necessidade do μC apareceu quando se pretendeu uma interacção local com o *SAVDM* sem a necessidade de um PC ou de um telemóvel para a activação ou desactivação. Isto porque em algum caso de anomalia ou emergência pode desactivar-se o *SAVDM* sem a necessidade de outro aparelho de forma rápida e cómoda. Para isso foi introduzido o μC com um teclado numérico (para marcar um código de acesso) e um LCD para visualizar qual o estado actual o *SAVDM*, correcção do código de acesso, etc. Já que se possui um LCD e com espaço disponível foi então colocada também a informação da temperatura, que é muitas vezes útil ao utilizador.

Para que pudesse haver um controlo do *SAVDM* foi necessário fazer a ligação série (RS232), que é o único caminho com que se pode fazer a comunicação. Para poder interagir com o dispositivo através de porta série é necessário enviar *strings* como que se fossem a mensagem de telemóvel, para que estas sejam entendidas pelo dispositivo.

Já que se tinha a informação da temperatura, porque não enviar uma mensagem de alerta através do *SAVDM* quando ultrapassasse determinados valores (neste caso foi adoptado para o mínimo 0°C e máximo 35°C). Isto porque foi adoptado um sensor de temperatura não ligado ao *SAVDM* mas ligado ao μC , pois se o sensor de temperatura estivesse ligado ao *SAVDM* esse procedimento poderia ser programado no software fornecido pelo fabricante do *SAVDM*.

Tendo uma ideia geral para que foi necessário o μC vai mostrar-se um diagrama (Figura 61) para que se tenha uma melhor percepção da estrutura do programa desenvolvido.

⁷ MYRRA é uma empresa de produção de transformadores para electrónica geral e equipamentos industriais <http://www.myrra.fr/>.

O programa, depois do sistema ligado a corrente, inicia com a inicialização do μC , definindo portas de entrada e saída. Define os parâmetros para a transmissão série usados na USART (`usart_setup()` e `usart_enable()` no apêndice B). Espera algum tempo para que o *SAVDM* inicie e lhe possa ser enviado instruções de maneira a que este fique activo. Estas instruções são enviadas através da porta série e com a mesma configuração das mensagens (SMS), pois é a única forma de alterar os parâmetros do *SAVDM* com um μC . Após isso inicia o LCD que tem tempos de espera para guardar a configuração (função `lcd_setup()` no apêndice B), para que se possa escrever e o modo como este vai mostrar as mensagens no display. Depois disso faz a leitura do valor de tensão da ADC e converte-a no valor equivalente de temperatura colocando essa informação no LCD.

Esta é uma parte inicial do programa, a partir deste momento o programa entra num ciclo infinito que só será quebrado por falta de energia ou pelo accionamento do botão de reset presente na placa do μC . Esse ciclo começa por colocar no LCD o estado do *SAVDM*, que no início o μC envia o respectivo código para que este fique activo. Depois disso verifica a presença de CO a cada 2000 ciclos. Esta presença de CO é verificada verificando se o sinal de V_H está a “low” (0V) e se o sensor tem uma tensão superior à tensão limite imposta como detecção de CO prejudicial. Isto porque a tensão do sensor sobe acima do limite quando V_H está a “high” (5V), havendo assim necessidade de monitorizar os dois sinais. Se eventualmente houver a presença de CO (se V_H estiver low e a tensão da saída do sensor estiver activa (5V)) então é activada uma saída que enviará um sinal eléctrico ao *SAVDM* de forma que este despolete um alarme. Se não houver a presença de CO nada acontece, passando o programa para a verificação da temperatura. Esta verificação só é feita a cada 3000 ciclos, verificando primeiro se a temperatura está abaixo de 0°C e depois verifica se está acima de 35°C. Caso algumas destas condições se verifique, é enviado o código necessário para o *SAVDM* de maneira a que este envie uma mensagem para um dos números pré-programados com a mensagem: “Temperatura abaixo de 0C ” ou “Temperatura acima de 35C”, dependendo da situação. Se nenhuma destas situações se verificar o programa continua para o passo seguinte colocando a respectiva temperatura no LCD.

Por último o programa verifica se o botão de alteração de estado foi pressionado, se não foi, continua actualizando todas as variáveis de contagem.

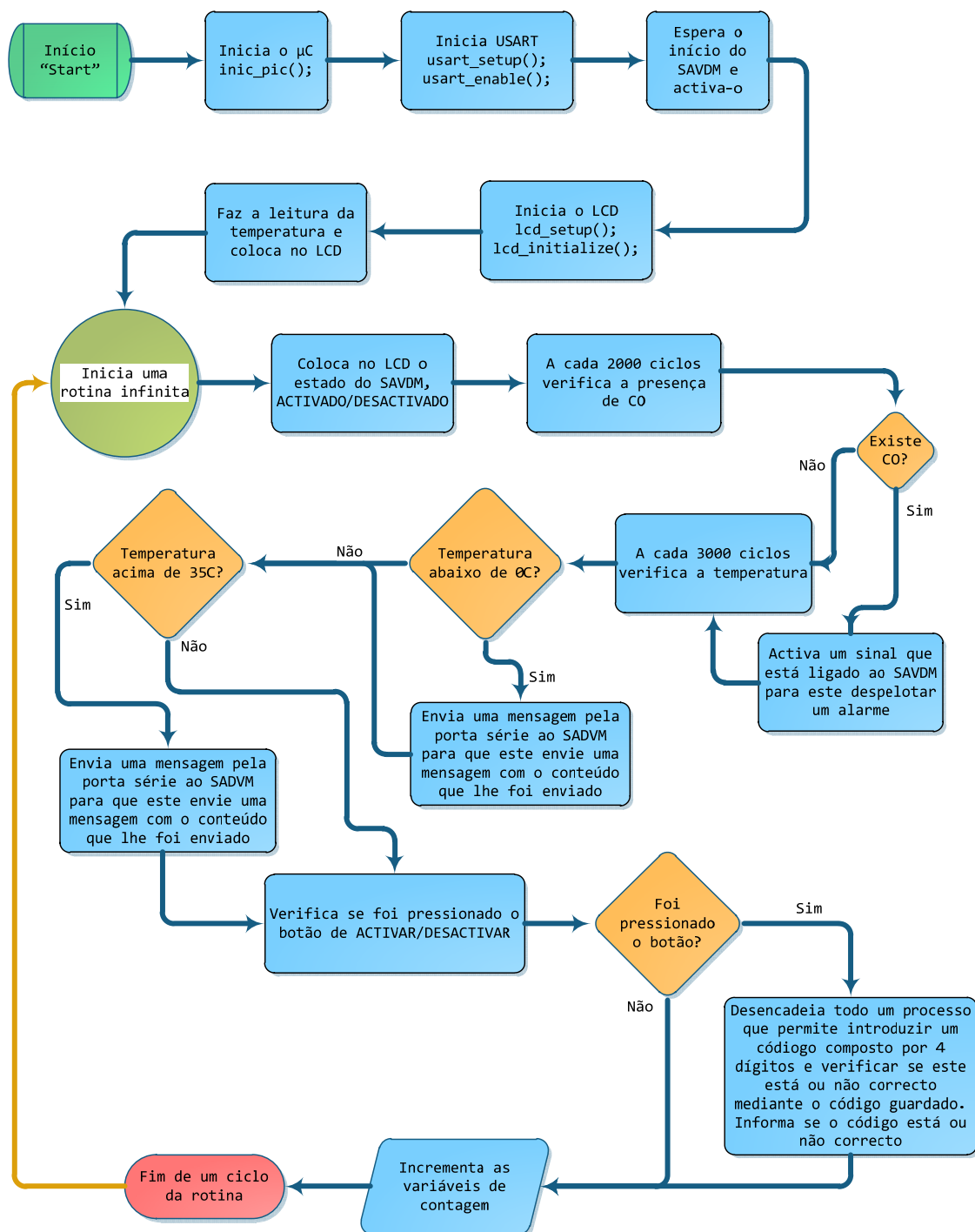


Figura 61 – Estrutura do código desenvolvido para o µC

Se o botão foi pressionado é desencadeado um processo para que seja activado/desactivado o *SAVDM*. Começa pela verificação do estado actual do *SAVDM*, colocando no LCD o estado contrário e pedindo a password (isto é, pede a password para colocar no estado que está no LCD naquele momento) e inicia uma rotina de leitura de teclas do keypad. Após a introdução dos quatro dígitos o programa verifica se a password está de acordo com a que está guardada no μ C. Se não estiver, coloca no LCD “password incorrecta” e volta ao estado anterior, caso a password esteja correcta procede ao envio do código para que seja alterado o estado do *SAVDM*.

Findo este processo actualiza as variáveis de contagem e inicia um novo ciclo.

Todo o código que foi desenvolvido com o conhecimento do engenheiro com ajuda de notas e trabalhos realizados durante o percurso académico[27-28] assim como vários sítios da internet e documentação referenciada[29] e não referenciada.

4.7. *Sistema completo em funcionamento*

Como já foi referido anteriormente todo o sistema foi primeiro montado em placa branca e só depois em placas de circuito impresso. Apenas a fonte de alimentação foi montada unicamente em placa de circuito impresso. Pode ver-se na Figura 62 o circuito previamente montado em placa branca.

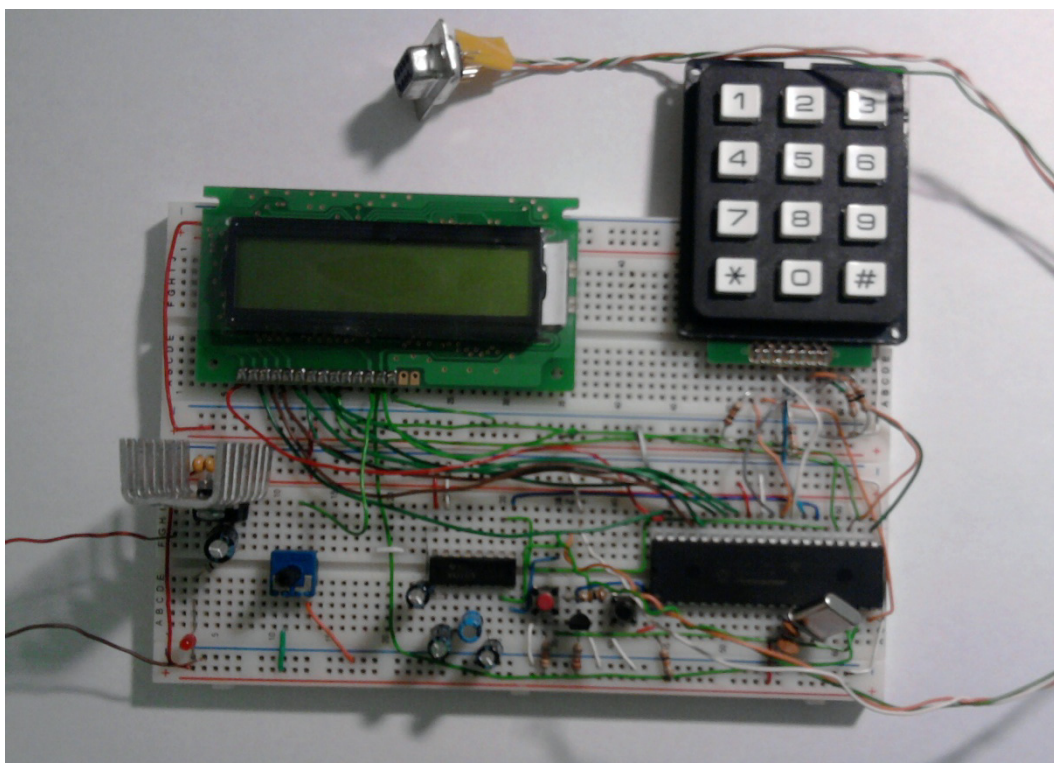


Figura 62 – Circuito montado em placa branca

Pode ver-se nas placas o μC no canto inferior direito, o MAX232 ao seu lado esquerdo, o keypad no canto superior direito, o LCD no canto superior esquerdo e a alimentação (regulador de 5V) no canto inferior esquerdo. Estão também espalhados pela placa o sensor de temperatura, potenciômetro para regular contraste do LCD e botão de reset.

Grande parte do projecto foi desenvolvido nestas condições para evitar a produção de várias placas de circuito impresso.

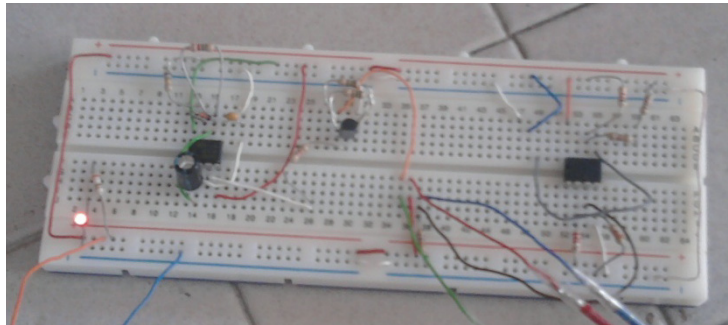


Figura 63 – Placa branca com circuito dos sensores encontra em funcionamento.

Embora não mostrado nesta imagem, havia ainda uma outra placa (separada) com os circuitos para os sensores (Figura 63). Pode ver-se a montagem com apenas um sensor ligado. Esta imagem foi retirada aquando do teste do sensor de CO, pelo que se

Após verificação do funcionamento de todo o projecto passou-se então para as placas de circuito impresso. Não apenas numa placa, mas sim em várias pelos motivos já referidos anteriormente, impossibilidade do programa por ser livre e pela possível necessidade de ser necessário uma nova placa, apenas uma parte seria produzida e não todo o sistema.

Pode ver-se então na Figura 64 todo o sistema, incluindo o *SAVDM* e em funcionamento. Neste momento já está a fonte de alimentação também incluída.

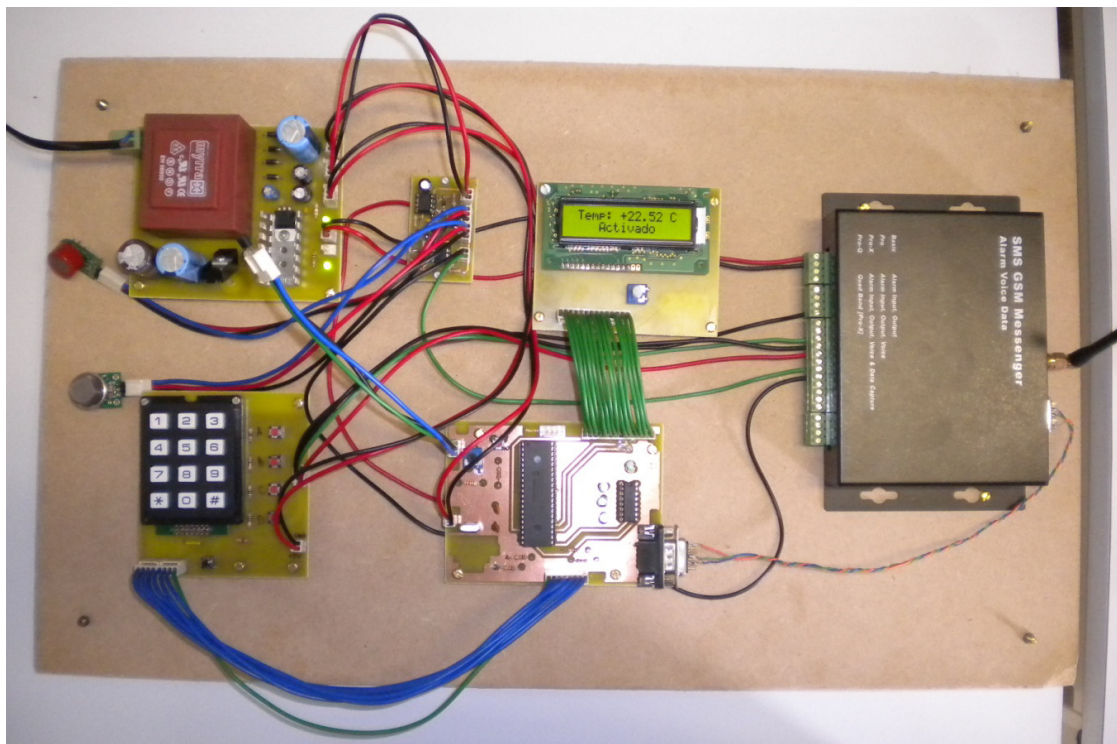


Figura 64 – Montagem do sistema completo

Tem-se então a esquerda no canto superior a placa com a fonte de alimentação, logo por baixo a placa com o teclado numérico (keypad), entre estas duas placas pode ver-se os sensores de CO e gás inflamável. Passando agora para o centro pode ver-se ao lado do keypad a placa com o μC e com o sensor de temperatura ligado, por cima desta placa encontra-se a esquerda a placa com o circuito dos sensores e a direita a placa com o LCD. Totalmente a direita tem-se o *SAVDM* com os respectivos fios de alimentação e alarme ligados. Como se pode ver na foto o LCD está ligado que nos dá a indicação de funcionamento do sistema neste momento.

Capítulo V

5. Conclusões e Trabalho futuro

5.1. Conclusões

Foi proposto para este trabalho o desenvolvimento de um sistema de detecção de gases inflamáveis e de monóxido de carbono de simples utilização permitindo o envio dum sinal de emergência ou eventual comunicação telefónica. Para a realização, com êxito, deste desafio foram desenvolvidos os seguintes blocos:

- Utilização do *SAVDM* como núcleo e meio de comunicação/alerta aquando da detecção de gases inflamáveis ou monóxido de carbono e ainda um sensor de temperatura que informa o utilizador qual a temperatura local. Para além do envio do alarme é possível que o sistema actue de imediato, por exemplo efectuando o corte de uma válvula de gás, o accionamento de um sistema de ventilação para tentar dispersar o excesso de gases perigosos. Com esta metodologia pode atenuar-se de forma considerável o risco de exposição aos gases.
- Adicionou-se ainda botões de emergência e comunicação, sem a necessidade de digitar qualquer que seja o número. Por exemplo no botão de emergência desencadeia uma chamada automática para o 112 e num dos botões de comunicação desencadeia uma chamada para um número utilizado frequentemente.
- Concebeu-se uma interface de fácil utilização no local para o utilizador, podendo activar e desactivar sem necessidade de qualquer outro dispositivo, apenas digitando um código de segurança.
- Desenvolveu-se uma fonte de alimentação para todo o circuito e *SAVDM*, podendo ser todo o sistema ligado directamente à rede eléctrica europeia (230V@50Hz).

O trabalho embora com dimensões relativamente grandes e com possíveis melhoramentos, ficou funcional.

Todo o sistema foi testado de maneira a garantir o seu correcto funcionamento. Foi conseguido a calibração e funcionamento dos sensores para os gases pretendidos. Todas as funções do *SAVDM* necessárias ao trabalho foram verificadas com êxito.

Um ponto crítico no êxito deste projecto é a calibração dos sensores (de gases), tendo havido alguma dificuldade na ideia de funcionamento destes.

A informação disponibilizada pelos fabricantes dos sensores é escassa dificultando bastante a operacionalização do seu funcionamento. Contudo após um contacto directo com o fabricante foi possível recolher os dados suficientes para a sua correcta utilização.

Este trabalho teve grande importância para mim, o engenheiro, pois houve uma grande aprendizagem e crescimento tanto a nível pessoal como profissional em diversas áreas da electrónica, onde se inclui a electrónica de potência, programação de componentes e estudo de diversas áreas de mercado enquadradas neste trabalho.

Debruçando agora sobre o aspecto financeiro, todo este sistema é relativamente barato à excepção do *SAVDM* que ronda os 200€. Obviamente este valor seria menor com o aumento da quantidade. Sendo assim, com os componentes usados o valor não ultrapassaria os 300€ no total (valor sem o preço das placas de circuito impresso, pelo desconhecimento do valor), o que é um preço relativamente acessível, se tivermos em conta que pode salvar vidas humanas. Este valor pode ainda variar se for usado outro tipo de dispositivo idêntico ao *SAVDM*, como por exemplo o apresentado no Capítulo II, ou ainda usando os pequenos módulos mostrados, desenvolvendo depois todo seu o funcionamento adaptado ao necessário. Em relação aos dois dispositivos, *TCR-200* e *SAVDM*, o preço é um dos factores mais importantes, no entanto o *TCR-200* tem um ponto a favor, que é importante, a consulta de saldo do cartão SIM.

5.2. Trabalho futuro

Sendo este um trabalho de laboratório e ainda agora no início, pode ser melhorado em diversos aspectos.

O primeiro e mais óbvio seria a diminuição do tamanho de todo o sistema através do uso de componentes de menor dimensão. O objectivo final seria ficar com um sistema parecido com



Figura 65 – Possível aparência do sistema diminuído (1)

o da Figura 65 ou o da Figura 66, obviamente sem a fonte de alimentação e sem os sensores que estarão estrategicamente colocados.

Outro aspecto também bastante importante é o da calibração dos sensores, com mais meios laboratoriais, onde se pode fazer calibrações com os gases necessários e concentrações desejadas.

Um aspecto que também pode ser melhorado é o circuito da fonte de alimentação. Primeiro a introdução de um fusível que permita proteger tudo aquilo que está para a frente do transformador, posteriormente o uso de um dobrador de tensão de onda completa e não de meia onda como foi usado.

Ainda dentro da fonte de alimentação, pensar numa solução no caso da falta de energia, devido ao sensor de CO necessitar de 48 horas para o funcionamento normal.

A introdução de mais sensores que possam ser úteis para o dia-a-dia do utilizador, pode fazer a diferença para a escolha do nosso produto, como por exemplo sensores de detecção de intrusos, sensores de arrombamento de portas, utilização do *SAVDM* como campainha quando estamos ausentes de casa e queremos saber quem está a tocar a nossa campainha. Todo um desenvolvimento em redor das funcionalidades do *SAVDM* poderia tornar o produto mais atractivo e competitivo.

Outro dos aspectos que pode ser ainda muito mais trabalhado é a programação do μC , está programado de forma elementar, sendo adequado à utilização. Pode no entanto melhorar-se em vários aspectos. O que salta à primeira vista é a programação por contagem de ciclos, quando poderia ser feita por *timers*, que são muito mais exactas e não estão dependentes do programa principal. Outra situação tem a ver com o accionamento da activação/desactivação que pode ser feita por interrupções e não por ciclo como acontece actualmente. Ainda dentro do software podia-se fazer uma rotina que permitisse a mudança de palavra-chave no teclado disponível e isso fosse transmitido ao *SAVDM*, já que isso não é feito no programa actual. Caso se pretenda a mudança de palavra-chave é necessário uma nova programação do μC .



Figura 66 – Possível aparência do sistema diminuído (2)
colocar o sistema no mercado de forma a ser credível e competitivo com a possível concorrência.

Finalmente e como não poderia deixar de ser, verificar todas as normas e legislação para que fosse possível de forma a ser credível e competitivo com a possível

Bibliografia

- [1] "Cem pessoas morrem sozinhas todos os anos em Lisboa," *Jornal de Notícias*, 2008.
- [2] *Instituto Tecnológico do Gás*. Available: <http://www.itg.pt/html/monoxido.html>
- [3] *Hermes TCR - 200*. Available: <http://www.microcom.es/tcr200.php>
- [4] *Hermes LC2*. Available: http://www.microcom.es/hermes_lc2.php
- [5] *Telkit GM47/GM48 e GM29/GM28 GSM Engines*. Available: <http://www.telekit.pt/prodinterfacesmodgsmgprs.php>
- [6] *GE862 - GPS Telit*. Available: http://www.telit.com/en/products.php?p_id=3&p_ac=show&p=7
- [7] *Legato Electronics, Ltd*. Available: <http://www.legato.com.hk/>
- [8] *LCD datasheet*. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/20805.pdf>
- [9] *Keypad datasheet*. Available: <http://www.farnell.com/datasheets/42266.pdf>
- [10] *LM335 Datasheet*. Available: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005698.PDF>
- [11] *MQ-2 datasheet*. Available: <http://www.hwsensor.com/English/PDF/sensor/MQ-2.pdf>
- [12] *MQ-7 datasheet*. Available: <http://www.hwsensor.com/English/PDF/sensor/MQ-7.pdf>
- [13] *Pololu MQ Gas Sensor Carrier*. Available: <http://www.pololu.com/catalog/product/1479>
- [14] S. Palau. *Concentrações limite para inflamação de gases*. Available: http://www.solerpalau.pt/formacion_01_11.html
- [15] T. L. Adriana Lacerda, Thais Morata. (2005, set.-dez. 2005) Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica* [Ciêntifico]. 403-412. Available: <http://www.scielo.br/pdf/pfono/v17n3/v17n3a13.pdf>
- [16] Wikipédia. *Monóxido de Carbono*. Available: http://pt.wikipedia.org/wiki/Monóxido_de_carbono#cite_ref-ICSC_0-1
- [17] (2010, *Software de desenho de circuitos* (5.9 ed.). Available: <http://www.cadsoft.de/>
- [18] *PIC16F877 Datasheet*. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30292c.pdf>
- [19] V. Gonçalves. (2005). *Sistemas Electrónicos com Microcontroladores* (2ª ed.).
- [20] A. S. Sedra and K. C. Smith. (2004). *Microelectronic Circuits - Fourth Edition* (4ª ed.).
- [21] E. C. A. Cruz and S. C. Júnior. (2007). *Eletrônica Aplicada* (1ª ed.).
- [22] *MCP601/2/3/4 Datasheet*. Available: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/microchip/21314e.pdf>
- [23] M. Tooley. (2006). *Electronic Circuits: Fundamentals and Applications* (3ª ed.).
- [24] *555 Datasheet*. Available: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/2182.pdf>
- [25] *Circuitos com o Multibibrador Astável*. Available: <http://www.kpsec.freeuk.com/555timer.htm>
- [26] A. M. Mota, "Apontamentos da Disciplina," in *Electrónica de Potência*, ed: Universidade de Aveiro, 2008.
- [27] D. Cunha and D. Dias, "Carregador Inteligente de Baterias," in *Electrónica IV*, ed. Universidade de Aveiro, 2008/2009.
- [28] R. D. Fernandes, "Regulador de Tensão Série," in *Electrónica IV*, ed. Universidade de Aveiro, 2008/2009.
- [29] R. P. A. C. Dias and C. J. d. S. Borda, "Medidor de Campo Electromagnético para Comunicações Móveis," Licenciatura, Departamento de Electrónica e Telecomunicações, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2003.

Apêndice A

Configuração do módulo SMS Alarm Voice & Data Messenger

A configuração deste módulo pode ser feita mediante duas vias, por software ou via SMS. Embora pareça estranho e algo invulgar, a configuração por SMS é tão poderosa como a configuração via computador. No entanto a configuração via SMS é algo complicada devido ao elevado número de comandos diferentes que se podem efectuar.

Vai-se fazer referência a grande parte das operações que é possível configurar via SMS e via computador, começando pela configuração SMS.

Será apresentado, antes das configurações, uma breve configuração rápida de ligação (Quick StartUp).

Quick StartUp SMS

1. Inserir o cartão SIM no módulo como indica a Figura 11;
2. Ligar o módulo à alimentação 12V (DC) (Na Figura 9 POW a 12V e GND a 0V);
3. Aguarde até que o LED2 (vermelho) esteja ligado (sem flash), cerca de 15 ~ 30 segundos;
4. Use outro telemóvel, para escrever uma mensagem SMS, conforme está abaixo:
5. *PWD: 1234, STATUS%*
6. Enviar a mensagem para o número de telefone do cartão SIM no módulo.
7. Dentro de 30 segundos, o seu telemóvel receberá um SMS a partir modulo sobre o seu estado.
8. A unidade está agora com normal funcionamento.

1. Configuração via SMS

Existe uma panóplia de comandos de configuração, os quais serão apresentados de seguida:

1.1. System Setup

- 1.1.1. Configuração de uma nova password;
- 1.1.2. Relatório do estado do módulo;

- 1.1.3. Configuração do número de serie;
- 1.1.4. Número do centro de controlo e agendamento de relatórios;
- 1.1.5. Mensagem de Power Up;
- 1.1.6. Configuração do relógio do sistema;
- 1.1.7. Configuração dos números de telefone;

1.2.Alarm Setup

- 1.2.1. Configuração dos alarmes de entrada e alerta;
- 1.2.2. Configuração das mensagens SMS;
- 1.2.3. Envio de uma mensagem personalizada;
- 1.2.4. Leitura do conteúdo das mensagens SMS;
- 1.2.5. Controlo das saídas (relay output);
- 1.2.6. Configuração do tempo de actuação das saídas;
- 1.2.7. Alarme de baixa tensão de entrada;
- 1.2.8. Configuração da tensão de threshold;
- 1.2.9. Activar/desactivar;

1.3.Device Information Report

- 1.3.1. Ver os parâmetros por defeito;
- 1.3.2. Reset dos parâmetros do sistema;
- 1.3.3. Relatório dos parâmetros do sistema;

1.4.AD Channel Setup

- 1.4.1. Configuração dos alarmes A/D;
- 1.4.2. Configuração dos alarmes dos canais A/D;
- 1.4.3. Relatório dos parâmetros do sistema (canais A/D);

1.1.1. Configuração de uma nova password:

Comando: PWD:XXXX,NEWPWD:YYYY%

XXXX Password actual;

YYYY Nova password (4 dígitos)

Exemplo: PWD:1234,NEWPWD:2222%

Password por defeito: 1234;

Nova password: 2222;

1.1.2. Relatório do estado do módulo:

Comando: PWD:XXXX,STATUS%

[Mensagem recebida]

ST:XXX;T:2005/01/28/13:00;V:XXXX;AI1:0000;AI2:0000;K1:X;K2:X;K3:X;K4:X;K5:X
;

K6:X;K7:X;K8:X;OUT1:Y;OUT2:Y;OUT3:Y;#.

Exemplo:

ST:002;2010/02/18/13:02;V:8.15;AI1:0000;AI2:0000;K1:1;K2:1;K3:1;K4:1;K5:1;K6:1;K7
:1;K8:1;OUT1:1;OUT2:1;OUT3:1;#.

ST – Número série do módulo XXX;

T – Relógio interno do sistema ano/mês/dia/hora;

V – Tensão de trabalho XXXX;

AI1 – Canal A/D 1, dígitos hexadecimais;

AI2 – Canal A/D 2, dígitos hexadecimais;

K1 – Alarme do canal 1, K2~8 Alarme do canal 2~8

K1:0 significa “Activado”;

K1:1 significa “Desactivado”;

OUT1 – Relay Output 1 OUT2 ~3 Relay Output 2~3;

OUT1:0 significa: “Activado”;

OUT1:1 significa: “Desactivado”;

1.1.3. Configuração do número de série:

Comando: PWD:XXXX,SN:YYY%

XXXX – Password;

YYY – Número de série (0-999);

Exemplo: PWD:1234,SN:268%

Password: 1234 (default);

Número de série modificado para: 268 (default: 000);

1.1.4. Número do centro de controlo e agendamento de relatórios:

Podem ser configurados neste comando dois números.

O número do centro de controlo⁸ é o número que recebe o relatório periódico e os relatórios normais.

Comando: PWD:XXXX,CTRZ:YYYYYYYYYYYY,MM#%

XXXX – Password;

Z – Número de entradas para números do centro de controlo (Max. 2 centros de controlo);

1 Significa o primeiro centro;

2 Significa o segundo centro;

YYYYYYYY – Número de telefone do centro de controlo;

MM – Código do agendamento para envio do relatório;

Exemplo: PWD:1234, CTR1:123456789,05#%

Password: 1234;

Envia relatório todas as 2 horas (ver Tabela 4) para o número 123456789.

⁸ Podem ser definidos no máximo dois números. Estes números podem receber relatórios periódicos ou não mediante configuração. Para além dos relatórios periódicos que recebe, recebe também os relatórios normais, quando alguma acção é despoletada por um alarme.

Tabela 4 – Códigos de Agendamento

00	Desactivado	07	De 6 em 6 horas
01	Todos os 5 minutos	08	De 12 em 12 horas
02	Todos os 15 minutos	09	Todos os dias (8:00am)
03	Todos os 30 minutos	10	Todos os dias ímpares (8:00am)
04	De hora em hora	11	Dias 1, 7, 14, 21, 28 (8:00am)
05	De 2 em 2 horas	12	Dias 1 e 15 (8:00am)
06	De 3 em 3 horas	13	Primeiro dia de cada mês (8:00am)

O módulo envia, como resposta a este comando, uma SMS com o seguinte conteúdo:

ST:XXX;T:2006/10/08/06:15;V:XXXX;AI1:0000:AI2:0000:K1:X;K2:X;K3:X;K4:X;K5:X;
;K6:X;K7:X;K8:X;OUT1:1;OUT2:1;OUT3:1;#.

Para entender formato ver Relatório do estado do módulo;

1.1.5. Mensagem de Power Up;

Quando o sistema é iniciado, é enviada automaticamente uma mensagem com o conteúdo “RESTART!” para o centro de controlo configurado anteriormente.

1.1.6. Configuração do relógio do sistema;

Comando: PWD:XXXX,TIME:AABBCCDDEE%

XXXX – Password;

AABBCCDDEE – Ano/Mês/Dia/Hora/Minutos;

Exemplo: PWD:1234,TIME:0602031327%

Password: 1234;

Relógio mudado para: 3 Feb 2006, 13:27;

1.1.7. Configuração dos números de telefone;

Podem ser programados 4 números de telefone para receber uma chamada ou SMS de alarme.

Comando: PWD:XXXX,ALMNU1:ZZZZZZZZZZ,2:ZZZZZZZZZZ,3:ZZZZZZZZZZ,
4:ZZZZZZZZZZ#%

XXXX – Password;

ZZZZZZZZZZ - Número de telefone;

Exemplo 1:

PWD:1234,ALMNU1:12345678,2:36925814712,3:159357456,4:951753621#%

Password: 1234;

Número 1 – 12345678;

Número 2 – 36925814712;

Número 3 – 159357456;

Número 4 – 951753621;

Exemplo 2:

PWD:1234,ALMNU1:NUL,3:NUL#%

Password: 1234;

Número 1 – 12345678; Não será feita chamada;

Número 2 – 36925814712; Número retido, continuará activo;

Número 3 – 159357456; Não será feita chamada;

Número 4 – 95175362; Número retido, continuará activo;

NUL significa que nenhum número de telefone será guardado neste campo.

1.2.1. Configuração dos alarmes de entrada e alerta;

Comando: PWD:XXXX,ALMLEVELR:X,YY,ZZZZ,NNN%

XXXX – Password;

R – Número do canal de Alarme (R - 1~8);

X - 0 Significa “desactivado”;

- 1 Significa “Close” triggered alarme⁹;

⁹ Entende-se por esta designação que o alarme é activado quando é aplicada uma tensão no mesmo.

- 2 Significa “Open” triggered alarme¹⁰;
- 3 Significa “Close” ou “Open” triggered alarme¹¹;

YY - 00 não envia relatório para nenhum centro de controlo;

- 10 Envia relatório para o centro de controlo 1;
- 01 Envia relatório para o centro de controlo 2;
- 11 Envia relatório para o centro de controlo 1 e 2;

ZZZZ – Selecção do alarme de chamada telefónica¹² ou SMS;

- 0 Nenhum alarme activado;
- 1 Apenas SMS activado;
- 2 Apenas chamada telefónica activada;
- 3 Envio de SMS e depois é feita a chamada telefónica.

ZZZZ

			4º Número de telefone;
			3º Número de telefone;
			2º Número de telefone;
			1º Número de telefone;

NNN – Controlo dos relés de saída;

- 0 Relé desactivado;
- 1 Relé activado pelo accionamento do alarme;

NNN

			3ª saída;
			2ª saída;
			1ª saída;

Há que ter em atenção que no software de computador a nomenclatura do parâmetro ‘X’ é bastante diferente, fica então assim muito superficialmente a conversão:

0 - “Disabled”- NA;

¹⁰ Entende-se por esta designação que o alarme só é activado quando depois de aplicar uma tensão se volta ao estado anterior.

¹¹ Entende-se por esta designação mudança de estado, ou seja, se está ligado e passa a desligado activa ou vice-versa.

¹² É necessário ter em atenção que para ser feita uma chamada telefónica necessita de ter um microfone ligado. No caso de não ter nenhum microfone, a chama será feita a mesma, mas não será possível qualquer tipo de comunicação.

- 1 - “Close” triggered alarm - NO;
- 2 - “Open” triggered alarm - NC;
- 3 - Ambos “Close” ou “Open” triggered alarm - CS;

Exemplo:

PWD:1234,ALMLEVEL1:1,11,1230,100%

Password: 1234;

Alarme 1: Uma vez que a entrada está fechada, o alarme é accionado.

Centro de controlo 1 & 2 receberão SMS's;

Número de telefone 1 - SMS de alerta;

Número de telefone 2 - chamada telefónica de alerta;

Número de telefone 3 - SMS e chamada telefónica de alerta;

Número de telefone 4 - nenhuma acção;

Relé de saída 1 – triggered “CLOSE” por alarme;

Relé de saída 2 – sem acção;

Relé de saída 3 – sem acção;

1.2.2. Configuração das mensagens SMS:

Entradas de alarme de 1 até 8:

Comando: PWD:XXXX,ALMYTEXT:□□□□□□□□□□#%

XXXX – Password;

Y – número do alarme de entrada (1~8);

□□□□□□ – mensagem que se deseja guardar (máx. 130 caracteres)

Exemplo:

PWD:1234,ALM4TEXT:Contacto da porta1 quebrado#%

Password: 1234

Quando o alarme 4 for accionado a SMS “Contacto da porta1 quebrado” é enviado para os números anteriormente configurados.

Entradas A/D :

Comando: PWD:XXXX,ACHYTEXT:□□□□□□□□□□#%

XXXX – Password;

Y – número do alarme de entrada (0~2);

0: Alarme de baixa tensão de entrada;

1: AD Channel 1 Alarme;

2: AD Channel 2 Alarme;

□□□□□□ - mensagem que se deseja guardar (máx. 100 caracteres);

Exemplo:

PWD:1234,ACH2TEXT:High Temperature Alert#%

Threshold High: 4.250

Valor AD capturado: 5.123

Password: 1234

O valor capturado no canal é maior que o configurado, então uma SMS é enviada com o seguinte conteúdo:

High Temperature Alert >ST:001;TM:28/01/2008,15:45;INPUTAD2ALARM!;A2:5.123.

1.2.3. Envio de uma mensagem personalizada

Comando: PWD:XXXX,SENDMSA:B%

XXXX – Password;

A – Número de telefone (1~4);

B – Selecção da mensagem SMS;

0 – Mensagem com o estado do módulo;

1-8 – Mensagem com o conteúdo programado em cada alarme (1~8);

9 – Mensagem personalizada;

A – Conteúdo do canal analógico 1;

B – Conteúdo do canal analógico 2;

C - Conteúdo da mensagem de baixa tensão;

Exemplo: PWD:1234,SENDMS4:9,Good Morning%

A mensagem “Good Morning” é enviada para o número de telefone 4;

Erros do parâmetro A:

O número escolhido não está entre 1 e 4;

O número escolhido não está pré-configurado;

Erros do parâmetro B:

B não é nenhum dos parâmetros possíveis: (0~9,A,B,C);

1.2.4. Leitura do conteúdo das mensagens SMS:

Este comando permite receber uma mensagem para verificar o estado de cada saída.

Entradas 1 até 8:

Comando: PWD:XXXX,READYTEXT%

XXXX – Password;

Y – número do alarme de entrada (1~8);

Mensagem de resposta: ST001;T:2008/01/22/15/45; □□□□□□

Esta mensagem serve para verificar a mensagem guardada do alarme Y.

Entradas A/D :

Comando: PWD:XXXX, RDACHYTEXT%

XXXX – Password;

Y – número do alarme de entrada (0~2);

0: Alarme de baixa tensão de entrada;

1: AD Channel 1 Alarme;

2: AD Channel 2 Alarme;

Exemplos:

Comando: PWD:XXXX,RDACH0TEXT%

Mensagem de resposta: ST001;T:2008/01/22,15:45;V:12.3; □□□□□□;

Comando: PWD:XXXX,RDACH2TEXT%

Mensagem de resposta: □□□□>ST001;T:2008/01/22/15/45;INPU AD1
ALARM!;A2:0.000;

Esta mensagem serve para verificar a mensagem guardada e o valor capturado na entrada;

1.2.5. Controlo das saídas (relay output):

Comando: PWD:XXXX,COUTN:Y%

XXXX – Password;

N – Canal de saída (1 ~ 3);

Y - 1 Ligar (Close) a saída;

- 0 Desligar (Open) a saída;

Por defeito as saídas estão normalmente “Open” (desligadas). Podem ser alteradas (por software) pelo conector existente no módulo.

- O comando "COUTN: 1" não é válido quando a saída é accionada pelo alarme.

Mensagem de resposta será "ST: XXX" neste caso.

- No caso acima, o comando "COUTN: 0" é usado para repor a saída após o alarme ter sido accionado.

1.2.6. Configuração do tempo de actuação das saídas:

Comando: PWD:XXXX,OUTNDLAY:YYYYY%

XXXX – Password;

N – Canal de saída (1 ~ 3);

YYYYY - 0000 – 9999 segundos;

0000 – Liga ou desliga a saída (default);

0005 – Liga a saída durante 5 segundos e depois volta a desliga-la;

Desliga a saída durante 5 segundos e volta a ligá-la¹³.

O tempo de atraso da saída pode ser útil por exemplo para controlo de fechaduras eléctricas, bloquear/desbloquear, fechaduras de automóveis, etc., pois apenas um pequeno espaço de tempo é necessário para esta acção.

¹³ Isto depende da configuração em que o módulo se encontra, “Normal Close” ou “Normal Open”.

1.2.7. Alarme de baixa tensão de entrada;

Este comando é para definir a acção a ser feita logo que a tensão cai abaixo de funcionamento o valor predefinido.

Valor da tensão de operação actual pode ser recuperado pelo comando referido em Relatório do estado do módulo;

Comando: PWD:XXXX,ADCOUT0:YY,ZZZZ,NNN%

Para saber quais os parâmetros ver: Configuração dos alarmes de entrada e alerta;

1.2.8. Configuração da tensão de threshold;

Comando: PWD:XXXX,POWVL:mmmm%

XXXX – Password;

Mmmm – Quando o valor de tensão é inferior a este valor, o alarme é accionado.

Exemplo: PWD:1234,POWVL:8.25%

Password: 1234;

Quando a tensão de alimentação é inferior a 8.25VDC o alarme é activado.

1.2.9. Activar/desactivar;

Comando: PWD:XXXX,ARM%

XXXX – Password;

Exemplo: PWD:1234,ARM%

Password: 1234;

Módulo é activado com alarmes ligados;

Comando: PWD:XXXX,DISARM%

XXXX – Password;

Exemplo: PWD:1234,DISARM%

Password: 1234;

Módulo é desactivado assim como todos os alarmes.

Este comando é importante, por exemplo para activar e desactivar alarmes de casas ou automóveis mesmo à distância.

1.3.1. Ver os parâmetros por defeito;

Para ver todos os valores por defeito pode utilizar os seguintes comandos:

- PWD:1234,PARAMETER1%

ST:000;T:2006/10/01/01:01;H:1;F1:;00;F2:;00;C1:;1;C2:;1;C3:;1;C4:;1;XH:20#;

- PWD:1234,PARAMETER2%

ST:000:VL:7.00,O:00,0000,000;A1M:5.000,1.000,0,5.000,0.500,O:00,0000,000;A2M:5.000,1.000,0,5.000,0.000,O:00,0000,000;K1:1,O:00,0000,000;#;

- PWD:1234,PARAMETER3%

ST:000;K2:1,O:00,000,0;K3:1,O:00,000,0;K4:1,O:00,000,0;K5:1,O:00,000,0;K6:1,O:00,000,0;K7:1,O:00,000,0;K8:1,O:00,000,0;

1.3.2. Reset dos parâmetros do sistema;

PWD:XXXX,PARAMETER&%

Este comando serve para fazer o reset de todos os parâmetros e da password para os valores por defeito.

Mensagem recebida:

Parameter initialize success!

1.3.3. Relatório dos parâmetros do sistema;

PWD:XXXX,PARAMETER1%

[SMS Message received]

ST:XXX;T:2006/10/08/08:00;H:X;F1:XXXXXXXXXXXX,YY;F2:XXXXXXXXXXXX,YY;C1:XXXXXXXXXXXX,Y;C2:XXXXXXXXXXXX,Y;C3:XXXXXXXXXXXX,Y;C4:XXXXXXXXXXXX,Y;XH:XX#

ST – Número série do módulo XXX;

T – Relógio interno do sistema ano/mês/dia/hora;

H – X - Activado/Desactivado;

F1 – Primeiro número do centro de controlo;

XXXXXXXXXXXX – número do centro de controlo;

YY – código do agendamento do relatório para este centro;

C1 – Primeiro número de alarme;

XXXXXXXXXXXX – Número para onde é enviado o alarme;

Y – Existência ou não de número configurado;

XH – XX – força do sinal GSM (1 ~ 31);

PWD:XXXX,PARAMETER2% (Alarmes)

Mensagem recebida:

ST:XXX;VL:XXXXX,O:AX,BBBB,CCC;A1M:XXXXX,XXXXX,R,WWWWW,WWW
WW,O:AX,BBBB,CCC;A2M:XXXXX,XXXXX,R,WWWWW,WWWWW,O:AX,BBBB,C
CC;K1:N,O:AX,BBBB,CCC;#

VL – tensão de operação mínima, abaixo deste valor será activado um alarme;

7V (DC) por defeito;

A – envio de alarme para o centro de controlo 1;

0 – Significa desactivado;

1 – Significa activado;

X – envio de alarme para o centro de controlo 2;

0 – Significa desactivado;

1 – Significa activado;

BBBB – envia estado para os 4 números de telefone;

0 – Significa desactivado;

1 – Significa envio só de SMS;

2 – Significa efectuar só a chamada telefónica;

3 – Significa que se efectuam ambas as coisas, SMS e chamada telefónica;

CCC – Controlo das saídas;

0 – Controlo não activado por alarme;

1 – Controlo activado por alarme;

K1:N,O:AX,BBBB,CCC; (Estado do alarme 1, ver a próxima instrução);

PWD:XXXX,PARAMETER3%

ST:XXX;K2:N,O:AX,BBBB,CCC;K3:N,O:AX,BBBB,CCC;K4:N,O:AX,BBBB,CCC;K5:
N,O:AX,BBBB,CCC;K6:N,O:AX,BBBB,CCC;K7:N,O:AX,BBBB,CCC;K8:N,O:AX,BBBB
,CCC;#

Estado do alarme 2~8:

K2:N,O:AX,BBBB,CCC;

K2 – Alarme 2;

- N - 0 Significa “desactivado”;
- 1 Significa “Close” triggered alarme;
 - 2 Significa “Open” triggered alarme;
 - 3 Significa “Close” ou “Open” triggered alarme;

O – Centro de controlo configurado;

A – envio de alarme para o centro de controlo 1;

- 0 – Significa desactivado;
- 1 – Significa activado;

X – envio de alarme para o centro de controlo 2;

- 0 – Significa desactivado;
- 1 – Significa activado;

BBBB – envia estado para os 4 números de telefone;

- 0 – Significa desactivado;
- 1 – Significa envio só de SMS;
- 2 – Significa efectuar só a chamada telefónica;
- 3 – Significa que se efectuam ambas as coisas, SMS e chamada telefónica;

CCC – Controlo das saídas;

- 0 – Controlo não activado por alarme;
- 1 – Controlo activado por alarme;

1.4.1. Configuração dos alarmes A/D;

PWD:XXXX,ADVALE1:XXXXX,NNNNN,Y,ZZZZZ,WWWWW%

1 – Canal de entrada 1;

XXXXX – Gama de medição;

NNNNN – Valor inicial;

Y - 1 – Accionamento do alarme activado;

- 0 – Accionamento do alarme desactivado;

ZZZZZ – Valor do limiar superior;

WWWWW – Valor do limiar inferior;

Funcionamento:

a) Quando o valor capturado analógico é superior ou inferior aos valores limite, o alarme é accionado dentro de 0,5 segundos (aproximadamente).

b) SMS, Relay On / Off, chamadas telefónicas, etc. serão melhor estudadas na configuração seguinte.

c) Alarme só será novamente accionado quando o valor analógico capturado volta à gama normal e ultrapassa os limiares de novo.

1.4.2. Configuração dos alarmes dos canais A/D;

PWD:XXXX,ADCOU7B: YY,ZZZZ,NNN%

B - 0 [Please refer to COMMAND 10 – Low Voltage Alert]

- 1: AD Channel 1

- 2: AD Channel 2

Para ver o significado do resto dos parâmetros ver Configuração dos alarmes de entrada e alerta;

1.4.3. Relatório dos parâmetros do sistema (canais A/D);

PWD:XXXX,PARAMETER2%

Mensagem recebida:

ST:XXX;VL:XXXXXX,O:AX,BBBB,CCC;A1M:XXXXXX,XXXXXX,R,WWWWW,WWW
WW,O:AX,BBBB,CCC;A2M:XXXXXX,XXXXXX,R,WWWWW,WWWWW,O:AX,BBBB,C
CC;K1:A,O:AX,BBBB,CCC;#

A1M – Canal AD 1;

M – XXXX,XXXXXX – Gama, Valor inicial;

R – Alarme activado/desactivado;

WWWWW,WWWWW – Limiar superior accionamento do alarme, Limiar superior accionamento do alarme;

A – envio de alarme para o centro de controlo 1;

0 – Significa desactivado;

1 – Significa activado;

X – envio de alarme para o centro de controlo 2;

0 – Significa desactivado;

1 – Significa activado;

BBBB – envia estado para os 4 números de telefone;

0 – Significa desactivado;

1 – Significa envio só de SMS;

2 – Significa efectuar só a chamada telefónica;

3 – Significa que se efectuam ambas as coisas, SMS e chamada telefónica;

CCC – Controlo das saídas;

0 – Controlo não activado por alarme;

1 – Controlo activado por alarme;

A2M – Canal AD 2;

(Nota: Os valores de AI1 e AI2 podem ser vistos segundo o comando [PWD:XXXX,STATUS%]).

Exemplo:

A1M:0.600,1.000,1,0.500,0.100

- 0.600 – Gama do valor AD = 0.600;

- 1.000 – Valor inicial é: “1.000” ($4\text{mA} * 250\Omega = 1$);

- 1 – Alarme activado;

- 0.500 – Limiar superior;

- 0.100 – Limiar inferior;

O intervalo standard de dados capturados no Canal AD 1 é de 4~20mA;

AI1 depende da configuração do utilizador em “Range”(Gama), “Start Value” (Valor inicial) e da corrente de entrada “I”.

$$\text{Start Value} = 4\text{mA} \times 250\Omega = 1$$

AD Range = geralmente especificado pelo transdutor tipo corrente;

$$AI1 = \frac{I \cdot 250 - \text{Start Value}}{0.02 \cdot 250 - \text{Start Value}} \times \text{Range}$$

Quando a corrente for 12mA e com os parâmetros descritos acima, temos:

$$AI1 = \frac{0.012 \cdot 250 - \text{Start Value}}{0.02 \cdot 250 - \text{Start Value}} \times \text{Range} = \frac{0.012 \cdot 250 - 1}{5 - 1} \times 0.6 = 0.3$$

Quando o utilizador quiser:

Nível superior (H) de alarme aos 0.018mA e nível inferior (L) aos 0.008mA temos:

$$H = \frac{0.018 \times 250 - 1 \times 0.6}{0.02 \times 250 - 1} = 0.525$$
$$L = \frac{0.008 \times 250 - 1 \times 0.6}{0.02 \times 250 - 1} = 0.150$$

Quando o valor de AI1 é maior que 0.525 ou menor que 0.150, o alarme será accionado.

Estes valores são teóricos fornecidos pelo fabricante e não foram testados, pelo que não se pode para já concluir nada acerca desta funcionalidade.

Quick StartUp PC

1. Instalar o software *SMS_Pro_Setup* no PC;
2. Seleccionar a COMPort utilizada (Figura 67);
3. Clicar em *Connect* e esperar que seja indicado o sucesso do comando.
4. Adicionar um novo dispositivo no separador *Phone Book* (Figura 68).
5. Voltar ao separador *Device Setup* e seleccionar o *Number ID*.
6. Clicar no botão *Ver*, se a versão do módulo for apresentada na caixa, então o módulo está pronto a funcionar.

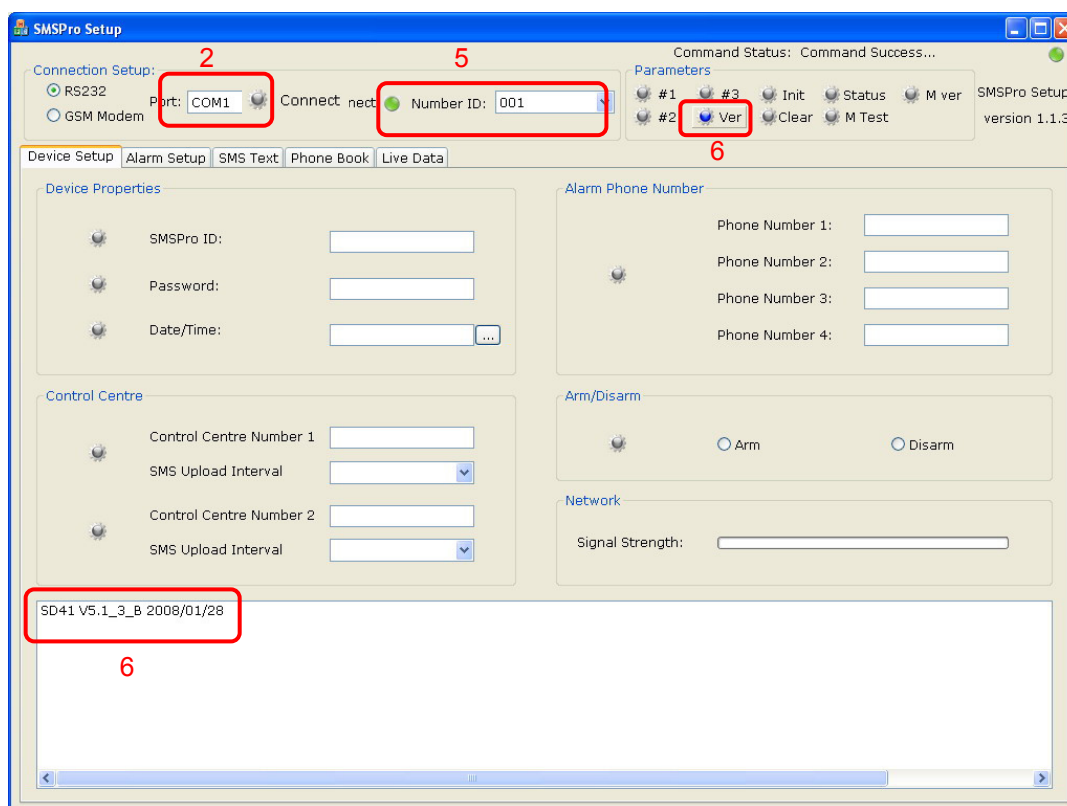


Figura 67 – Quick StartUp PC 1

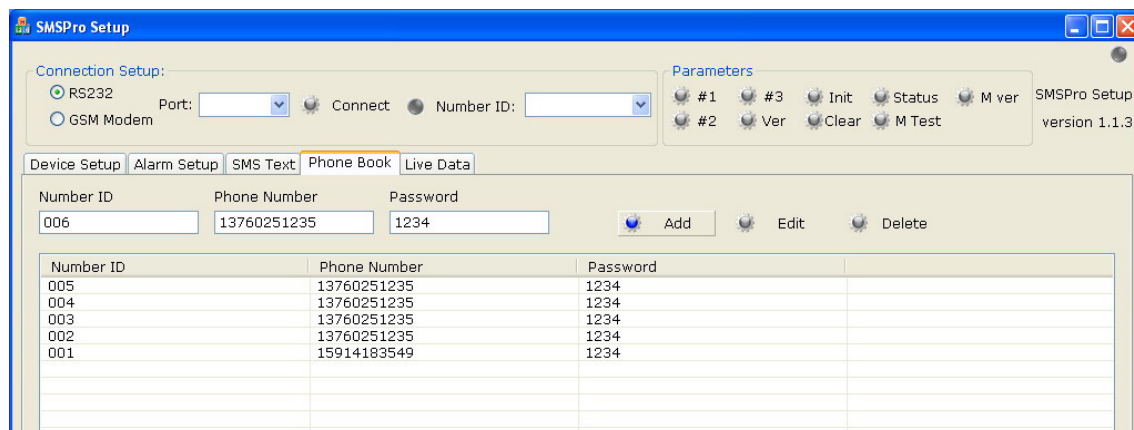


Figura 68 – Quick StartUp PC 2

2. Configuração via PC (RS232)

Vai-se apresentar nesta parte do documento a configuração via PC através do programa fornecido. Este programa é para execução no Windows, não tendo aplicação directa noutra plataforma.

Numa primeira fase apresentar-se-á a configuração da lista de telefones autorizados a controlar o módulo, pois esta é a primeira tarefa que tem que se realizar para poder realizar qualquer operação sobre este.

2.1. Phone book

Como foi já foi dito, esta deve ser a primeira operação a ser feita quando conectado o módulo ao PC pela primeira vez.

Para isso deve:

1. Seleccionar o separador onde diz “Phone Book”;
2. Colocar o número identificador do telefone (Número de ID: 0001 (número sequencial na lista telefónica, mas não relacionada com número de identificação do SMS Pro no separador “Device Setup”)).
3. Colocar o número de telefone do cartão inserido no módulo;
4. Colocar a password¹⁴ desejada;

¹⁴ O número identificador e password por defeito são, ID: 001 e password: 1234;

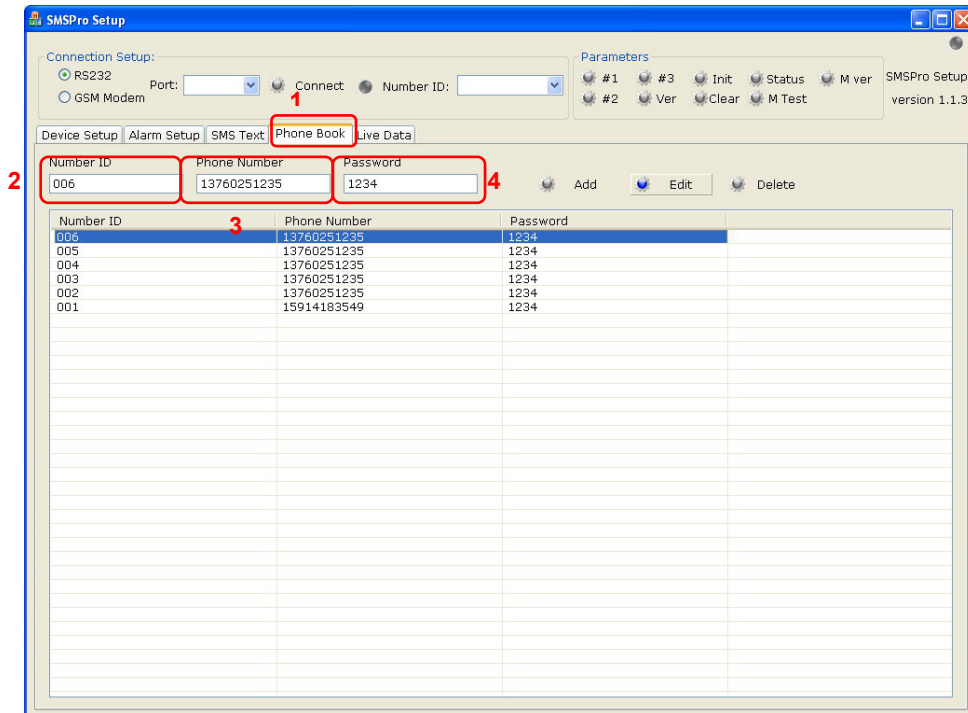


Figura 69 – Configuração do Phone Book

Uma vez que as propriedades são modificadas no separador “Device Setup”, o banco de dados do catálogo telefónico deve ser actualizado manualmente.

Sempre que a password interna do SMS Alarm Messenger é modificado, a senha correspondente no a agenda (Phone Book) deve ser actualizada manualmente, ao mesmo tempo.

2.2. Ler parâmetros internos

É por vezes útil saber a informação actual armazenada no dispositivo. Existem alguns botões no software que servem para isso mesmo. Nestas informações podem ser vistos:

- Configuração actual;
- Estado de actual do módulo;
- Mensagem de texto SMS associada a cada alarme;

Clique nos botões para ver os parâmetros¹⁵ correspondentes:

Botão	Comando
#1	Ver parâmetros #1
#2	Ver parâmetros #2
#3	Ver parâmetros #3
Status	Estado actual do módulo
Ver	Ver versão
#Init	É feito um Reset ao módulo
Clear	Limpa os campos mostrados

Tabela 5 – Botões disponíveis

Podemos ver nas imagens seguintes exemplos destas opções.

- a) Clicando no botão #1 aparecerão as configurações do dispositivo como se mostra a seguir:

¹⁵ Estes parâmetros são bem mais especificados na parte de configuração por SMS.

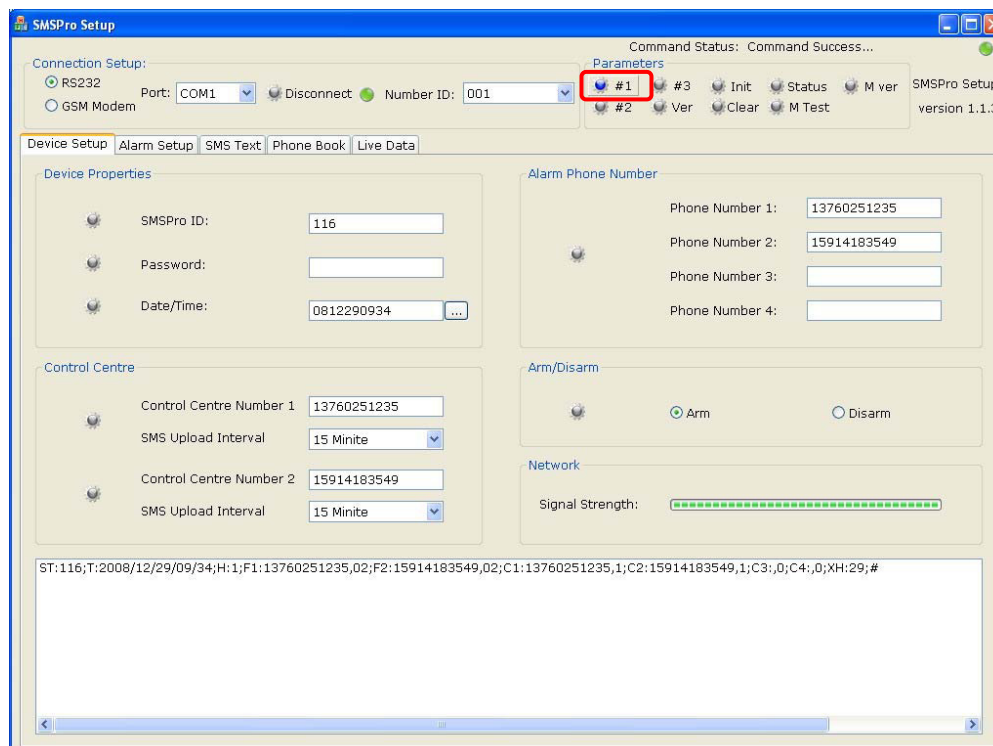


Figura 70 – Parâmetros #1

- b) Clicando no botão #2 aparecerão as configurações dos alarmes analógicos como se mostra a seguir:

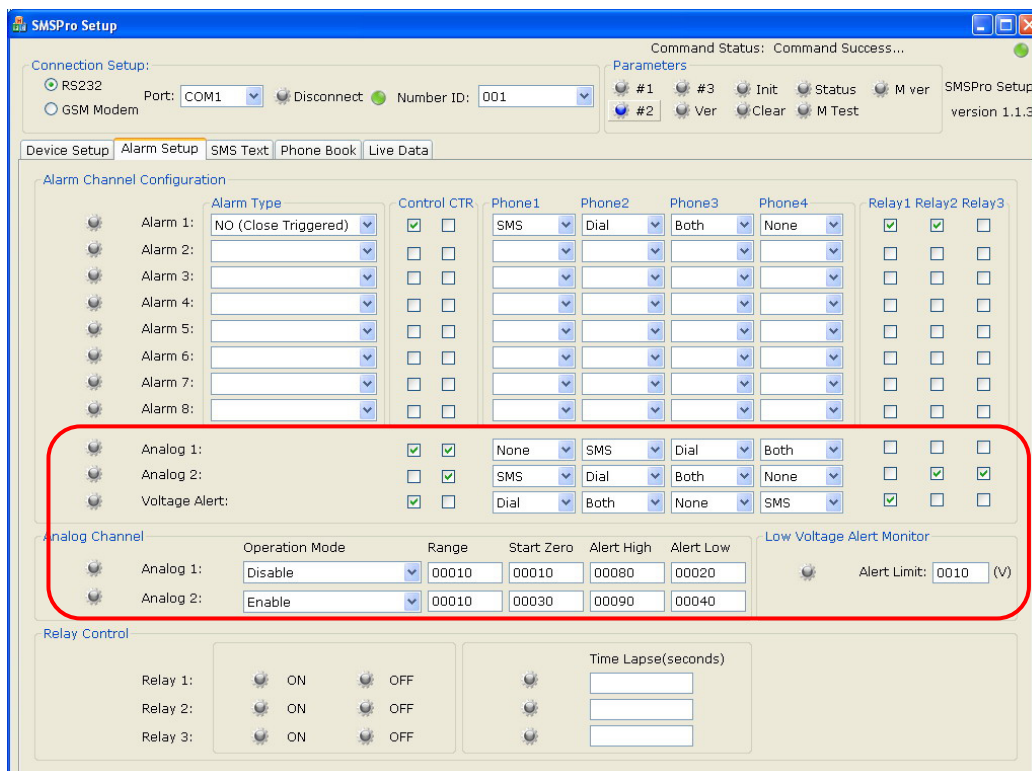


Figura 71 – Parâmetros #2

- c) Clicando no botão #3 aparecerão as configurações dos alarmes digitais como se mostra a seguir:

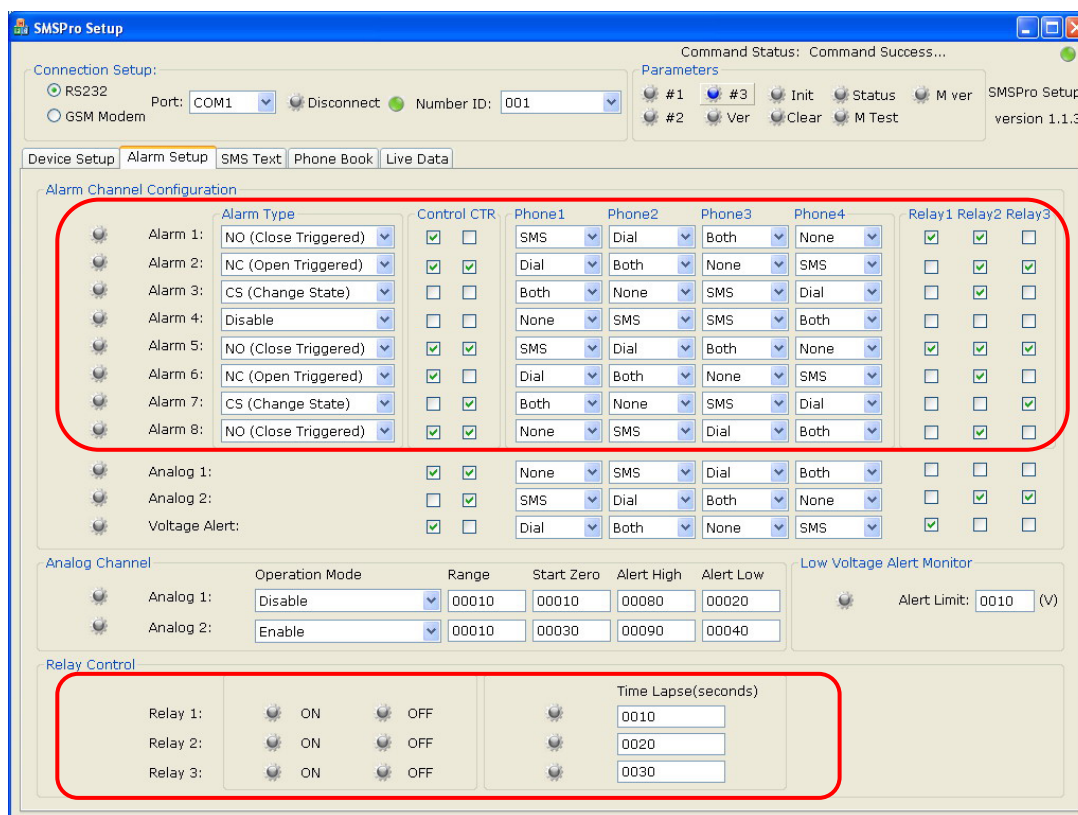


Figura 72 – Parâmetros #3

2.3. Verificar o estado do módulo

Clique no botão "Status" para verificar o estado do módulo. Com esta opção verá toda a informação relativa às entradas e saídas do módulo, tal como se vê na Figura 73.

O software irá mostrar os dados em tempo real apenas quando o botão "Status" clicado.

Os Dados não serão guardados, apenas serão mostrados, uma vez que clicando em "Clear" ou o programa é fechado, todos os dados serão apagados.

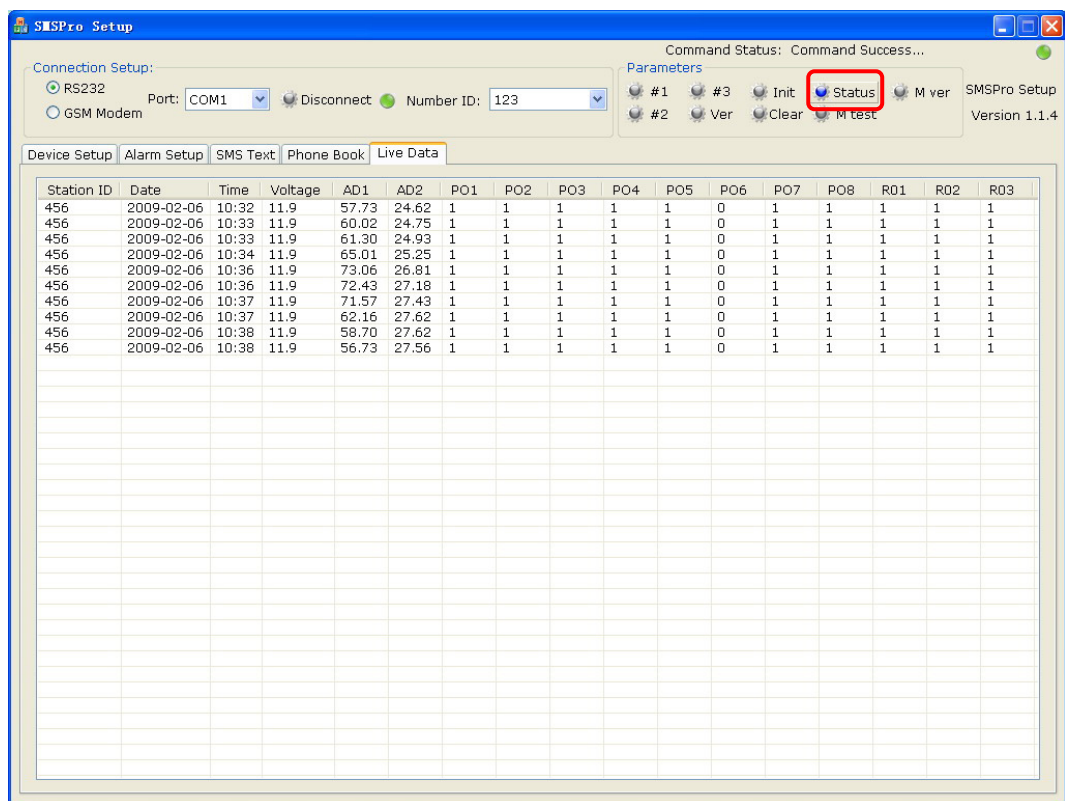



Figura 73 – Status

2.4. Configuração do Módulo

Esta parte vai mostrar como modificar as propriedades de cada alarme e os parâmetros das operações de rotina.

Para modificar ou activar as propriedades, serão seleccionadas opções ou então alterados valores.

Para activar o comando clica-se no botão  para ficar guardado no módulo, sem esta operação o módulo não será alterado. O comando só será devidamente guardado quando a mensagem (no canto superior direito) rodeada a verde na Figura 74 aparecer (*Command Status*).

Esta mensagem mostra a evolução do comando, e enquanto este não tiver terminado, não deve ser configurado mais nenhum parâmetro, pois na será guardado.

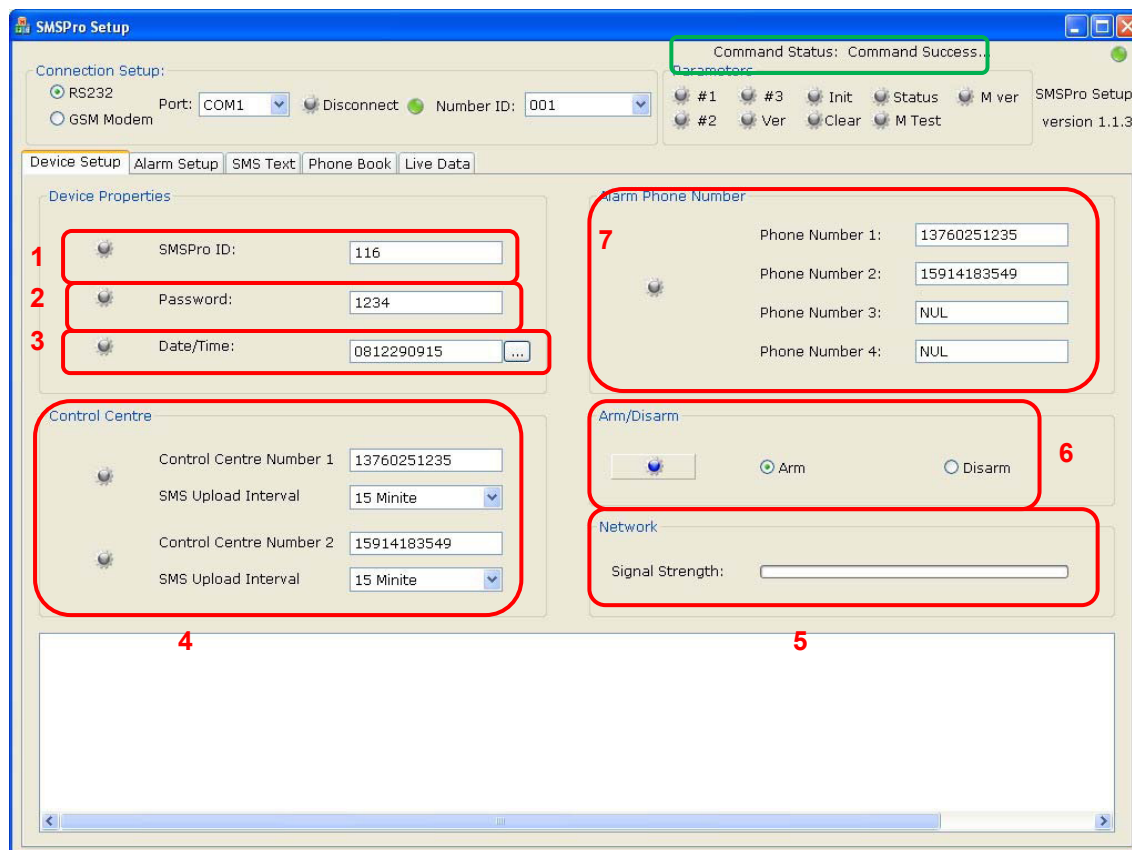


Figura 74 – Device Setup

Neste campo pode-se alterar/configurar:

1. O ID do módulo;
2. Password interna do módulo;
3. Ajustar o relógio do sistema;
4. Números do centro de controlo;
5. Visualizar a força do sinal GSM;
6. Activar/Desactivar o módulo;
7. Números para os quais serão enviados os alarmes;

2.5. Configuração dos Alarmes

Nesta secção pode-se configurar todos os alarmes e saídas.

Neste campo pode-se alterar:

1. Tipo de alarme¹⁶;

¹⁶ Para ver os significados ver Configuração dos alarmes de entrada e alerta:

2. Qual o centro de controlo a ser informado;
3. A função a que será executada para cada numero de telefone activando o alarme;
4. Quais ou qual a saída que vai ser activada;
5. Tempo que cada saída ficará activa;
6. Configuração das entradas analógicas;
7. Configuração do valor de tensão baixa;

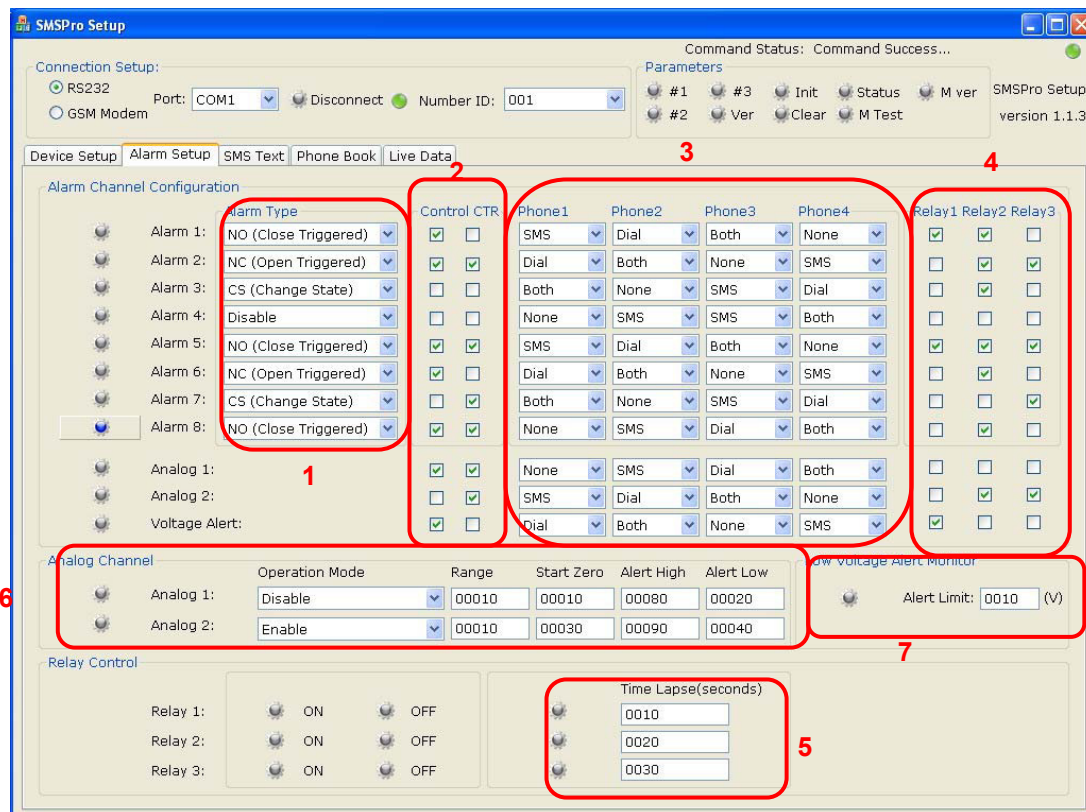


Figura 75 – Alarm Setup

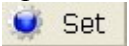
2.6. Texto da SMS

Esta secção é usada para configurar as mensagens de texto que são enviadas quando o alarme correspondente é accionado.

Pode ser configurada uma mensagem individual para (vermelho na Figura 76):

1. 8 x Entradas de alarme;
2. 2 x Entradas analógicas;
3. Alerta de baixa tensão;

a) Configuração do texto SMS (verde na Figura 76)

Configura-se neste campo a mensagem que será entregue no número de telefone pretendido. É apenas necessário introduzir no campo vazio a mensagem que se deseja. Para fazer o UpLoad para o modulo carregar no botão .

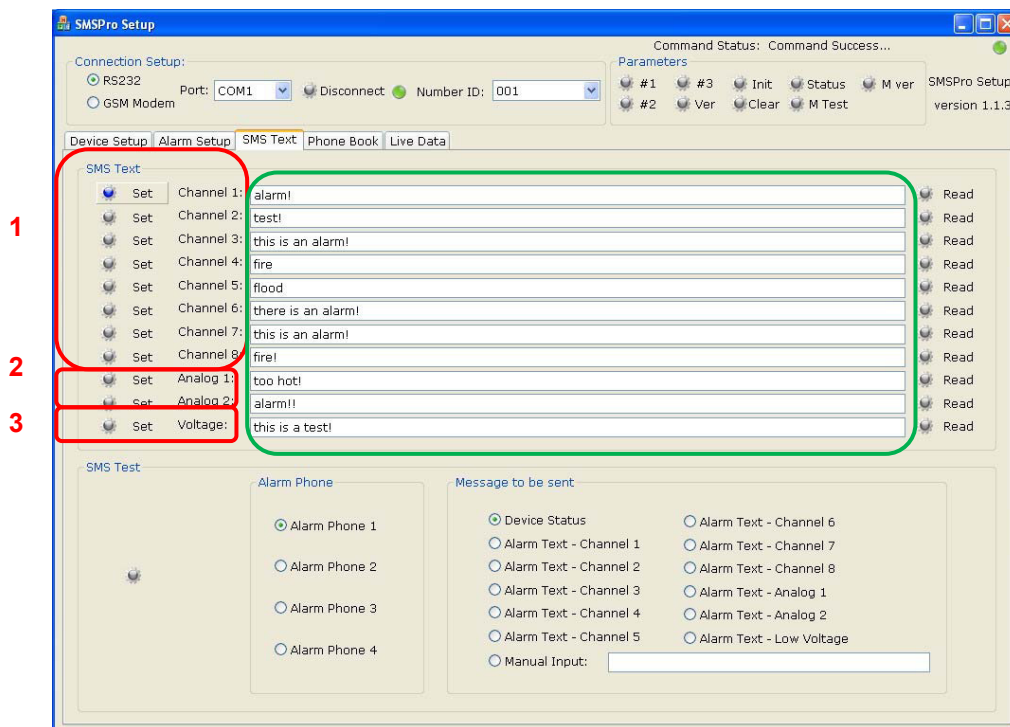
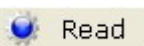


Figura 76 – Configuração SMS

b) Ler texto SMS que está configurado no módulo (Figura 77)

Clicando no botão  será exibido o seguinte texto, data/hora, a tensão de trabalho e a mensagem guardada no módulo.

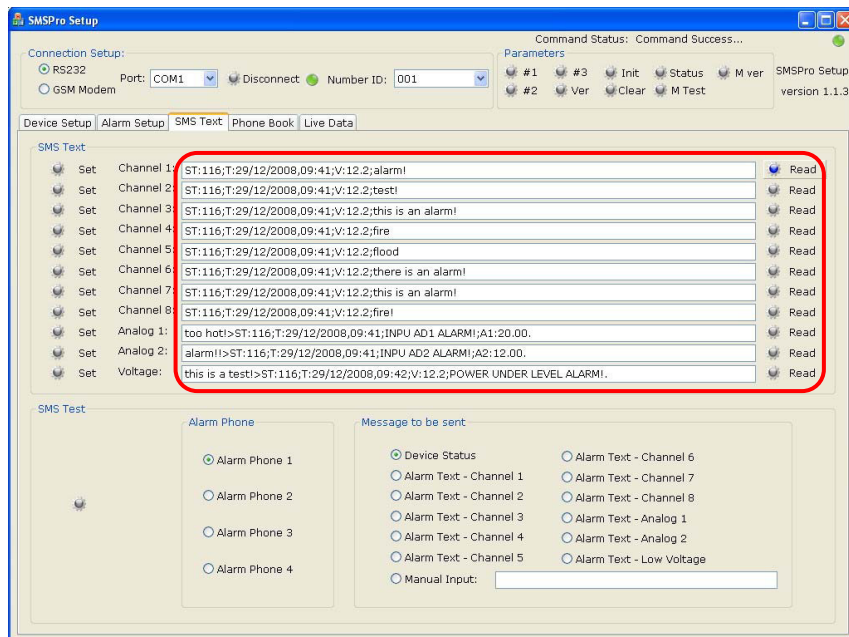



Figura 77 – Ler SMS Guardada

Analog 1 e 2: O texto SMS será enviado quando o valor lido é superior ou inferior ao valor pré-determinado.

c) Neste campo dá também para testar o correcto envio da mensagem pretendida

Para isso basta fazer o seguinte (Figura 78):

1. Seleccionar o numero de telefone para qual se quer enviar a mensagem;
2. Seleccionar o alarme que se deseja enviar (pode também ser manual);
3. Clicar no botão  para enviar;

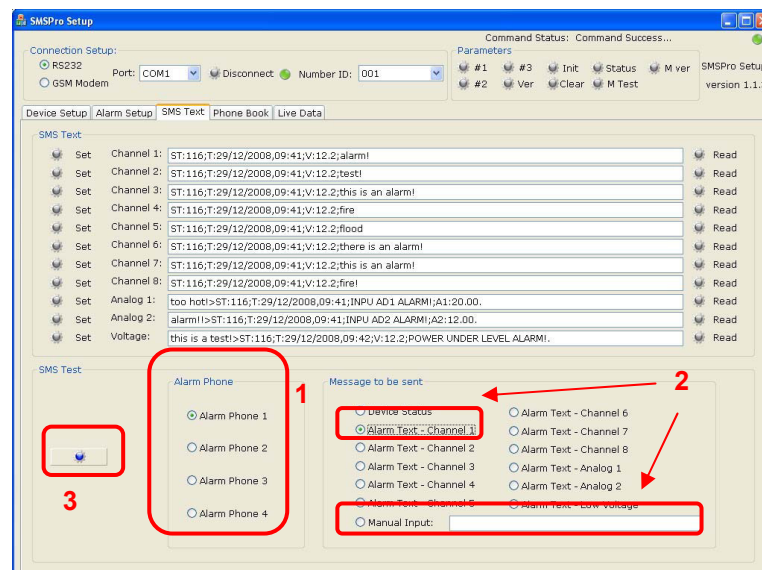


Figura 78 – Mensagem de teste

2.7. Reset ao sistema

Esta opção serve para repor todos os parâmetros e password na configuração por defeito. A password dos telefones guardados em “Phone Book” também será reposto na configuração por defeito.

Para activar esta opção basta clicar no botão .

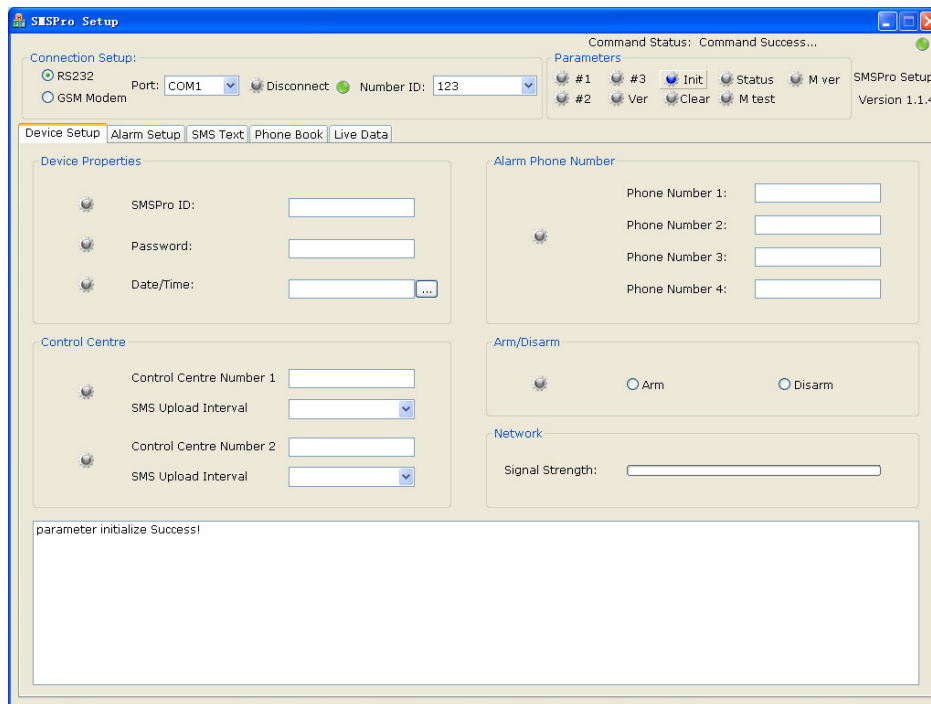


Figura 79 – Reset ao Sistema

Pode-se depois clicar no botão #1 para verificar que realmente todos os parâmetros foram reinicializados para o valor padrão.

Apêndice B

Excertos de código do programa utilizado

Programa Principal

```
/* **** */
*      Dissertação - Programa Principal      *
*      2009/2010                          *
*                                           *
*      Diogo Cunha - 36376                  *
*                                           *
* ----- *
*****/
```

```
/* Módulo incluído: Genéricos */
```

```
#include <pic.h>
```

```
#include <htc.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
/* Módulo incluído: LCD */
```

```
#include "lcd.h"
```

```
/* Módulo incluído: Configuração e Comunicação */
```

```
#include "config_pic.h"
```

```
/* Módulo incluído: Constantes para o teclado */
```

```
#include "keypad.h"
```

```
/* Protótipos de funções neste ficheiro */
```

```
char lin_col1(void);
```

```
char lin_col2(void);
```

```
char lin_col3(void);
```

```
void scan_keys(void);
```

```
/* Variáveis Globais */
```

```
unsigned char PWD[] = {'1','2','3','4'}; // será alterada no programa
```

```
unsigned char password[] = {'1','2','3','4'}; // password original que não será trocada
```

```
/* Início do programa principal */
void main (void)
{
    /* Declaração de variáveis */
    char ACTIVAR[]="PWD:1234,ARM%";
    char DESACTIVAR[]="PWD:1234,DISARM%";
    char SMS_HOT[]="PWD:1234,SENDMS1:9,Temperatura acima de 35C %";
    char SMS_COLD[]="PWD:1234,SENDMS1:9,Temperatura abaixo de 0C %";
    int i,TEMP,FLAG_MOD,j;
    double cont_CO,cont_TEMP;

    /* Inicialização do microcontrolador */
    inic_pic();
    Saida_CO=0;

    /* Inicialização da USART */
    usart_setup();
    usart_enable();

    /* Inicializar o Modulo GSM */
    FLAG_MOD=0;
    delayUs(100000);
    delayUs(100000);
    delayUs(100000);
    delayUs(100000);          // tempo de espera para inicializar o módulo
    delayUs(100000);
    PutStr(ACTIVAR);          // Activa
    FLAG_MOD=1;

    /* Inicialização do LCD */
    lcd_setup();
    lcd_initialize();

    /* Inicializar a temperatura no LCD */
    TEMP=convert_in_units(T_MIN,T_MAX,(adc(TEMP_CH)));    // Converte a
tensão do sensor em numeros de temperatura
    lcd_putval(TEMP,2);

    while(1)
    {
        /* Coloca no LCD o estado do Módulo */
```

```
if(FLAG_MOD==1)
    lcd_write(2,0x04,"Activado");
else lcd_write(2,0x02,"Desactivado");

/* Verifica a presença de CO */
if(cont_CO==2000)
{
    if((CLK_CO==0)&&(Sinal_CO==1))
    {
        Saida_CO=1;
    }
    else{
        Saida_CO=0;
    }
    cont_CO=0;
}
/* Verificar a Temperatura */
if(cont_TEMP==3000)
{
    TEMP=convert_in_units(T_MIN,T_MAX,(adc(TEMP_CH)));    //
    Converte a tensão do sensor em numeros de temperatura
    lcd_clear();
    lcd_write(1,0x01,"Temp:"); // estas 3 instrucoes servem para repor o
    lcd
    lcd_putval(TEMP,2);
    lcd_sendchar(' ');
    lcd_sendchar('C');

    /* Se a temperatura for superior a 35 graus ou inferior a 0 graus envia
    um SMS */

    if(TEMP<0)
    {
        for (i=0;i<8;i++)
        {
            if(SMS_COLD[i]!=':')
            {
                SMS_COLD[i+1]=PWD[0];

                SMS_COLD[i+2]=PWD[1];

                SMS_COLD[i+3]=PWD[2];
```

```

                                SMS_COLD[i+4]=PWD[3];
                                }
                                }
                                PutStr(SMS_COLD);           // envia código para envio
da mensagem

                                lcd_clear();
                                lcd_write(1,0x01,"Temp:"); // estas 3 instruções servem para
repor o lcd

                                lcd_putval(TEMP,2);
                                lcd_sendchar(' ');
                                lcd_sendchar('C');
                                }
                                if(TEMP>3500)
                                {
                                    for (i=0;i<8;i++)
                                    {
                                        if(SMS_HOT[i]==':')
                                        {
                                            SMS_HOT [i+1]=PWD[0];
                                            SMS_HOT [i+2]=PWD[1];
                                            SMS_HOT [i+3]=PWD[2];
                                            SMS_HOT [i+4]=PWD[3];
                                        }
                                    }
                                    PutStr(SMS_HOT); // envia código para envio da mensagem
                                    lcd_clear();
                                    lcd_write(1,0x01,"Temp:"); // estas 3 instruções servem para
repor o lcd

                                    lcd_putval(TEMP,2);
                                    lcd_sendchar(' ');
                                    lcd_sendchar('C');
                                }
                                cont_TEMP=0;
                                }

/* Rotina para introduzir a password */
if(RD0==0)
{
    lcd_clear();

```

```
/* Informação de activação e desactivação com pedido de password */
if(FLAG_MOD)
{
    lcd_write(1,0x01,"Desactivar...");
    lcd_write(2,0x03,"PWD:");
}
else{
    lcd_write(1,0x03,"Activar...");
    lcd_write(2,0x03,"PWD:");
}

for(j=0;j<4;j++)
{
    scan_keys();
    lcd_sendchar('*');
    PWD[j]=key;
    delayUs(30000);
}

for(j=0;j<4;j++)
{
    if(PWD[0] != password[0] || PWD[1] != password[1] ||
PWD[2] != password[2] || PWD[3] != password[3])
    {
        lcd_write(1,0x01,"PWD incorrecta");
        delayUs(5000);
    }
    else{

        lcd_write(1,0x01,"PWD correcta");
        delayUs(5000);

        for (i=0;i<strlen(ACTIVAR);i++)
        {
            if(ACTIVAR[i]==':')
            {
                ACTIVAR[i+1]=PWD[0];           //
troca o valor da tecla lida pelo já existente
                DESACTIVAR[i+1]=PWD[0];

                ACTIVAR[i+2]=PWD[1];
```

```

        DESACTIVAR[i+2]=PWD[1];

        ACTIVAR[i+3]=PWD[2];
        DESACTIVAR[i+3]=PWD[2];

        ACTIVAR[i+4]=PWD[3];
        DESACTIVAR[i+4]=PWD[3];
    }
}

if(FLAG_MOD==1)
{
    PutStr(DESACTIVAR);
    FLAG_MOD=0;
    break;
}
else {
    PutStr(ACTIVAR);
    FLAG_MOD=1;
    break;
}
}

}
lcd_clear();
lcd_write(1,0x01,"Temp:"); // estas 3 instruções servem para repor o
lcd

    lcd_putval(TEMP,2);
    lcd_sendchar(' ');
    lcd_sendchar('C');
}
cont_TEMP++; // incrementa a contagem para leitura da temperatura.
cont_CO++;
}
}

/***** Rotinas para detecção das teclas *****/
char lin_col1(void)
{
    if(KEY_LIN1==1)
        return('1');
}
```



```
    if(KEY_LIN2==1)
        return('4');

    if(KEY_LIN3==1)
        return('7');

    if(KEY_LIN4==1)
        return('*');
    return ('a');
}
```

```
char lin_col2(void)
{
    if(KEY_LIN1==1)
        return('2');

    if(KEY_LIN2==1)
        return('5');

    if(KEY_LIN3==1)
        return('8');

    if(KEY_LIN4==1)
        return('0');
    return ('a');
}
```

```
char lin_col3(void)
{
    if(KEY_LIN1==1)
        return('3');

    if(KEY_LIN2==1)
        return('6');

    if(KEY_LIN3==1)
        return('9');

    if(KEY_LIN4==1)
        return('#');
    return ('a');
}
```

```
}

void scan_keys(void)
{
    int flag=0;
    char key_press='a';

    do{
        /* Primeira Coluna */
        KEY_COL1=1;      //
        KEY_COL2=0;      // Activa a 1ª coluna
        KEY_COL3=0;      //

        key_press=lin_col1();

        if(key_press=='1' || key_press=='4' || key_press=='7' || key_press=='*')    // O
número 10 corresponde a tecla '*'
            {flag=1;break;}

        /* Segunda Coluna */
        KEY_COL1=0;      //
        KEY_COL2=1;      // Activa a 2ª coluna
        KEY_COL3=0;      //

        key_press=lin_col2();

        if(key_press=='2' || key_press=='5' || key_press=='8' || key_press=='0')
            {flag=1;break;}

        /* Terceira coluna */
        KEY_COL1=0;      //
        KEY_COL2=0;      // Activa a 3ª coluna
        KEY_COL3=1;      //
        key_press=lin_col3();

        if(key_press=='3' || key_press=='6' || key_press=='9' || key_press=='#')
            {flag=1;break;}

    }while(flag==0);

    key=key_press;
```

}

Configuração do PIC

```

/* **** */
*          Dissertação - Configuração inicial do PIC          *
*          2009/2010                                          *
*                                                                *
*          Diogo Cunha 36376                                  *
*                                                                *
* ----- *
* Funções: *
* * * * *
*      inic_pic - configura e inicializa o PIC                *
*      adc      - leitura de um valor da ADC                  *
*      delayUs  - cria um atraso de x microsegundos           *
*      usart_setup – configura a USART                        *
*      usart_enable – activação da USART                      *
*      PutChar - Rotina de transmissão série de um carácter  *
*      PutStr  - Rotina de transmissão série de uma string    *
*      PutVal  - Rotina de transmissão série de um valor inteiro ou fraccionário*
*      char dec2char - Rotina de Conversão de Inteiros B10 em Caracteres*
*      char char2dec - Rotina de Conversão de Caracteres em Inteiros B10*
*      convert_in_units - converte em unidades os valores da adc *
* **** */

/* Módulo incluído : Genéricos */
#include <pic.h>
#include <htc.h>

/* Módulo incluído : LCD */
#include "lcd.h"

/* Módulo incluído : Configuração */
#include "config_pic.h"

/***** Inicialização básica das portas, adc e pwm *****/
void inic_pic(void)
{

```

```
/****** Configuração da ADC *****/
TRISA = 0x1F;    //configurar RA0->RA4 como entradas;
PORTA = 0;       //colocar o registo de entrada PORTA a 0
ADCON1 = 0x80;   /* "1000.0000" - resultado right-justified - os 6 bits
mais significativos do ADRESH são lidos como '0' (apenas 10 dos 16 bits são usados)*// ver
pagina 128 datasheet para restantes bits;
```

```
/****** Configuração IO *****/

TRISB = 0x00;    // TRISB0 a TRISB7 - out, serão usados no LCD;
PORTB = 0;       // colocar o registo PORTB a 0

TRISC = 0x03;    // os 2 primeiros como inputs e todos os restantes como
outputs.
PORTC = 0;

TRISD = 0x1F;    // RD0-> RD4 com entradas as restantes como saídas.
PORTD = 0;       // colocar o registo PORTD a 0
```

```
/****** Leitura de valor da ADC da porta adc_in *****/
```

```
int adc(int adc_in)
{
    /* RESET dos valores da ADC */
    ADRESL=0;
    ADRESH=0;

    ADCON0 =adc_in; // activar a ADC para o canal T1_CH
    ADON = 1;       // ligar ADC

    delayUs(TACQ);  // esperar a aquisição de sinal
                   //TACQ>19.72us

    ADGO = 1;       // iniciar conversao
    while(ADGO);    // esperar fim de conversao

    ADON = 0;       // desligar a ADC
    ADIF = 0;       // limpar o bit de interrupcao

    return ((ADRESH << 8) + ADRESL);
}
```

```

/***** Atraso de X microsegundos *****/
void delayUs(unsigned int us)
{
    unsigned char i;
    unsigned int k;
    for(k=0;k<us;k++)// Wait value*1uS
        for(i=0;i<5;i++) // [for - 3 ciclos de relógio + 1 ciclos (asm)]*5 = 20ciclos * 1/20MHz
            asm("nop"); // nop - not operation
}

/***** Comunicação com porta RS232 *****/
/* Configuração USART */
void usart_setup(void)
{
    SPBRG = 129; /* 20MHz / (16 * 9600) - 1 [PIC16F87XA 113] */
    TX9 = 0; /* "8-bit transmission" */
    SYNC = 0; /* "Asynchronous mode" */
    BRGH = 1; /* "High speed" */
    RX9 = 0; /* "8-bit reception" */
}

/* Activação USART */
void usart_enable(void)
{
    SPEN = 1; /* "Serial port enabled" (configuração dos pinos RX e TX) */
    CREN = 1; /* "Enables continous receive" (recepção em modo assíncrono) */
    TXEN = 1; /* "Transmit enabled" */
}

/* Funções de Transmissão de Dados */

/* Rotina de Transmissão Série de um Caracter */
void PutChar(char ch)
{
    while(TXIF == 0);
    TXREG = ch;
}

/* Rotina de Transmissão Série de uma String */
void PutStr(const char* str)
{

```

```
while(*str != 0)
{
    while(TXIF == 0);
    TXREG = *str;
    str++;
    if(*str == 0)
    {
        lcd_clear();
        //lcd_write(2,0x0,"Send success!");
    }
}

/* Rotina de Transmissão Série de um Valor inteiro ou Fraccionário */
void PutVal(int valor, unsigned char df)
{
    static bank1 unsigned char i, negativo, buffer[7];

    for(i=0; i<7; i++)
        buffer[i]=' '; //inicializar o buffer com ' '
    negativo=0;         //inicializar a flag de valor negativo
    i=6;                //inicializar indice do buffer

    if(valor<0)         //testar sinal do valor
    {
        valor*=(-1);    //tornar positivo
        negativo=1;     //activar a flag de valor negativo
    }

    if(df>0)            //escrever digitos da parte fraccionaria
    {
        while( i>(6-df) )
        {
            buffer[i]=dec2char(valor%10);
            valor/=10;
            i--;
        }
        buffer[i]='.';
        i--;
    }
}
```

```
do                                //escrever digitos da parte inteira
{
    buffer[i]=dec2char(valor%10);
    valor/=10;
    i--;
}while( (valor>0) & (i>0) );

if(negativo==1)                  //se o número for negativo
    buffer[i]='-'; //colocar '-' no buffer

if((valor>0) & (i==0))
    buffer[0]='X'; //erro->overflow

for(i=0;i<7;i++)                //imprimir o valor no terminal
    PutChar(buffer[i]);
}

/***** Funções Auxiliares *****/

/* Rotina de Conversão de Inteiros B10 em Caracteres */
unsigned char dec2char(unsigned char dec)
{
    return (dec + '0');
}

/* Rotina de Conversão de Caracteres em Inteiros B10 */
unsigned char char2dec(unsigned char ch)
{
    return (ch - '0');
}

/* converte em unidades os valores da adc */
int convert_in_units(int xmin, int xmax, int valor_adc)
{
    float delta=(xmax-xmin)/0x3ff;    // 0x3ff -> 1023
    return (valor_adc * (int)delta) + xmin;
}
```

Configuração e programação do LCD

```

/* **** */
*          Dissertação - Configuração inicial do PIC          *
*          2009/2010          *
*          *          *
*          Diogo Cunha - 36376          *
*          -----          *
* Funções:          *
*          *          *
*          lcd_configure – configura as portas para o LCD          *
*          *lcd_setddram – posiciona o cursor numa certa posição*
*          lcd_sendChar – envia um caracter para o LCD          *
*          lcd_write – escreve uma string no LCD          *
*          lcd_putval – coloca um valor numérico no LCD          *
*          lcd_setup – configura o modo de operação do LCD          *
*          lcd_initialize – inicia o LCD          *
*          lcd_clear – limpa o LCD          *
*          *          *
*          **** */

/* Módulo incluído : Genérico */
#include <htc.h>
/* Módulo incluído : LCD */
#include "lcd.h"
/* Módulo incluído : Configuração */
#include "config_pic.h"

/***** Configuração inicial dos portos para o LCD *****/
void lcd_configure(unsigned char data)
{
    RC3=0;          // RS=0;
    RC4=0;          // R/W=0;
    PORTB=data;
    RC5=1;          // E=1;
    delayUs(1);
    RC5=0;          // E=0;
    delayUs(40);
}

/***** Posiciona o cursor num determinado local *****/

```



```
void lcd_setddram(unsigned int address)
{
    lcd_configure(address+0x80);
}

/***** Envia um caracter para o LCD *****/
void lcd_sendchar (unsigned char caracter)
{
    RC3 = 1; // RS=1;
    RC4 = 0; // R/W=0;
    PORTB = caracter;
    RC5=1;    // E=1;
    delayUs(1);
    RC5=0;    // E=0;
    delayUs(40);
}

/***** Envia uma string para um determinado local do LCD *****/
void lcd_write(unsigned char line, unsigned char offset, const char *string)
{
    delayUs(1000);
    if (line==1) lcd_setddram(0x00+offset);
    if (line==2) lcd_setddram(0x40+offset);
    delayUs(1000);
    while (*string!= '\0')
        lcd_sendchar(*string++);
}

/***** Por um valor no lcd *****/
void lcd_putval(int valor, unsigned char df)
{
    static bank1 unsigned char i, negativo, buffer[7];
    for(i=0; i<7; i++)
        buffer[i]=' '; //inicializar o buffer com ' '
    negativo=0; //inicializar a flag de valor negativo
    i=6; //inicializar indice do buffer
    if(valor<0) //testar sinal do valor
    {
        valor*=-1; //tornar positivo
        negativo=1; //activar a flag de valor negativo
    }
    if(df>0) //escrever digitos da parte fraccionaria
```

```
{
    while( i>(6-df) )
    {
        buffer[i]=dec2char(valor%10);
        valor/=10;
        i--;
    }
    buffer[i]='.';
    i--;
}

do                                //escrever digitos da parte inteira
{
    buffer[i]=dec2char(valor%10);
    valor/=10;
    i--;
}while( (valor>0) & (i>0) );

if(negativo==1)                  //se o número for negativo
    buffer[i]='-'; // colocar '-' no buffer
else buffer[i]='+'; // colocar '+' no buffer
if((valor>0) & (i==0))
    buffer[0]='X'; //erro->overflow
lcd_setddram(0x06);
for(i=0;i<7;i++) //imprimir o valor no terminal
    lcd_sendchar(buffer[i]);
}

/***** Configura o modo de funcionamento do LCD *****/
void lcd_setup(void)
{
    // pinos como outputs
    TRISC3=0;
    TRISC4=0;
    TRISC5=0;
    TRISB=0x00;

    //initialization pag 45
    delayUs(20000); //20 ms
    lcd_configure(FUNCTION_SET);
    delayUs(5000); //5 ms
```

```
    lcd_configure(FUNCTION_SET);
    delayUs(150);          //150 us
    lcd_configure(FUNCTION_SET);

    lcd_configure(FUNCTION_SET);
    lcd_configure(DISPLAY_ON);
    lcd_configure(DISPLAY_CLEAR);
    lcd_configure(ENTRY_MODE_SET);
    lcd_setddram(0x00);
    lcd_configure(RETURN_HOME);
    delayUs(200);
}

/***** Inicializa o LCD *****/
void lcd_initialize (void)
{
    lcd_write(1,0x01,"Temp: 00.00 C");
}

/***** Limpa o LCD *****/
void lcd_clear (void)
{
    lcd_configure(DISPLAY_CLEAR);
}
```